

Aktivitäten des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie

(Ref. Landwirtschaft und Bodenschutz, Landesplanung)

zur Ermittlung der PCDD/F & dl-PCB-Gehalte in niedersächsischen Böden



Dr. J. Schneider, Dezember 2009

Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung	8
2. Untersuchungskonzept.....	8
3. Untersuchungsparameter	10
4. Ergebnisse	11
4.1 Ems	11
4.1.1 Belastungsniveau.....	11
4.1.2 Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Ems (Außendeich)	12
4.1.3 Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungs- bereiches der Ems (Binnendeich).....	14
4.1.4 Exemplarisches Kongenerenmuster mit „Auffälligkeiten“	15
4.1.5 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	16
4.1.6 Zusammenfassung Ems	18
4.2 Weser.....	19
4.2.1 Belastungsniveau.....	19
4.2.2 Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Weser (Außendeich)	20
4.2.3 Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungs- bereiches der Weser (Binnendeich)	21
4.2.4 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	23
4.2.5 Zusammenfassung Weser	25
4.3 Söse	26
4.3.1 Belastungsniveau.....	26
4.3.2 Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Söse	27
4.3.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	28
4.4 Hunte.....	29
4.4.1 Belastungsniveau.....	29
4.4.2 Exemplarisches Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Hunte	30
4.4.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	30

4.5	Fuhse	32
4.5.1	Belastungsniveau.....	32
4.5.2	Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Fuhse.	33
4.5.3	Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	34
4.6	Oker	35
4.6.1	Belastungsniveau.....	35
4.6.2	Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Oker	36
4.6.3	Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	37
4.7	Aller.....	38
4.7.1	Belastungsniveau.....	38
4.7.2	Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Aller	39
4.7.3	Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	40
4.8	Innerste	41
4.8.1	Belastungsniveau.....	41
4.8.2	Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Innerste	42
4.8.3	Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	43
4.9	Leine	44
4.9.1	Belastungsniveau.....	44
4.9.2	Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Leine..	45
4.9.3	Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	46
4.10	Elbe.....	47
4.10.1	Belastungsniveau.....	47
4.10.2	Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Elbe	49
4.10.3	Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte	51
5	Fazit der Belastungsuntersuchungen für PCDD/F & dl-PCB an niedersächsischen Flüssen	52
6	Literatur	54

7	Ergänzende Materialien.....	54
	Weitere an der Ems ermittelte Kongenerenmuster, innerhalb des Überflutungsbereiches	54
	Weitere an der Ems ermittelte Kongenerenmuster, außerhalb des Überflutungsbereiches	69
	Weitere an der Ems ermittelte Kongenerenmuster, mit „Auffälligkeiten“	85
	Gesamtschau der an der Weser ermittelten Kongenerenmuster	89
	Gesamtschau der an der Söse ermittelten Kongenerenmuster	139
	Gesamtschau der an der Hunte ermittelten Kongenerenmuster	145
	Gesamtschau der an der Fuhse ermittelten Kongeneren-muster	155
	Gesamtschau der an der Oker ermittelten Kongenerenmuster.....	159
	Gesamtschau der an der Aller ermittelten Kongenerenmuster	163
	Gesamtschau der an der Innerste ermittelten Kongenerenmuster.....	171
	Gesamtschau der an der Leine ermittelten Kongenerenmuster.....	177
	Gesamtschau der an der Elbe ermittelten Kongenerenmuster	185

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Karte der Hochwasser gefährdeten Gebiete	9
Abbildung 2: PCDD/F & dl-PCB Untersuchungsstandorte, 2008 (grün) und 2009 (blau).....	10
Abbildung 3: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Ems	11
Abbildung 4: Exemplarisches Kongenerenmuster für Bodenproben im Überflutungsbereich der Ems	12
Abbildung 5: Exemplarisches Kongenerenmuster für Bodenproben außerhalb des Überflutungsgebietes der Ems	14
Abbildung 6: Exemplarisches Kongenerenmuster für Bodenproben mit „Auffälligkeiten“	15
Abbildung 7: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet Weser	19
Abbildung 8: Exemplarisches Kongenerenmuster einer Bodenprobe im Überflutungsbereich der Weser	20
Abbildung 9: Exemplarisches Kongenerenmuster einer Bodenprobe, außerhalb des Überflutungsbereiches der Weser	21
Abbildung 10: Exemplarisches Kongenerenmuster, außerhalb des Überflutungsbereiches der Weser, ohne dl-PCB	22
Abbildung 11: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Söse.....	26
Abbildung 12: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überschwemmungsbereich der Söse.....	27
Abbildung 13: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Söse.....	27
Abbildung 14: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet Hunte	29
Abbildung 15: Exemplarisches Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Hunte	30
Abbildung 16: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Fuhse.....	32
Abbildung 17: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Fuhse	33

Abbildung 18: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungs- bereiches der Fuhse	33
Abbildung 19: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Oker	35
Abbildung 20: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Oker	36
Abbildung 21: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungs- bereiches der Oker.....	36
Abbildung 22: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet Aller	38
Abbildung 23: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Aller	39
Abbildung 24: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungs- bereiches der Aller	39
Abbildung 25: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Innerste	41
Abbildung 26: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Innerste	42
Abbildung 27: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungs- bereiches der Innerste	42
Abbildung 28: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Leine	44
Abbildung 29: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Leine	45
Abbildung 30: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungs- bereiches der Leine.....	45
Abbildung 31: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet Elbe	47
Abbildung 32: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Elbe	49
Abbildung 33: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Elbe.....	49
Abbildung 34: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungs- bereiches der Elbe	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schadstoffgehalte in den Böden an der Ems.....	12
Tabelle 2: Zusammenstellung ausgewählter bodenkundlicher Profildaten von der Ems.....	16
Tabelle 3: Schadstoffgehalte in den Böden an der Weser	19
Tabelle 4: Anteilige Verteilung der Proben pro „Belastungsklasse“ im Überflutungsbereich der Weser	23
Tabelle 5: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Weser	24
Tabelle 6: Schadstoffgehalte in den Böden an der Söse.....	26
Tabelle 7: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Söse.....	28
Tabelle 8: Schadstoffgehalte der Böden an der Hunte	29
Tabelle 9: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Hunte	31
Tabelle 10: Schadstoffgehalte der Böden an der Fuhse.....	32
Tabelle 11: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Fuhse.....	34
Tabelle 12: Schadstoffgehalte der Böden an der Oker	35
Tabelle 13: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Oker	37
Tabelle 14: Schadstoffgehalte der Böden an der Aller.....	38
Tabelle 15: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Aller.....	40
Tabelle 16: Schadstoffgehalte der Böden an der Innerste	41
Tabelle 17: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Innerste	43
Tabelle 18: Schadstoffgehalte der Böden an der Leine	44
Tabelle 19: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Leine	46
Tabelle 20: Schadstoffgehalte der Böden an der Elbe.....	48
Tabelle 21: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Elbe.....	51
Tabelle 22: Flusssysteme	52



1. Veranlassung

Im Rahmen der Futtermittelüberwachung wurden im Nordwesten Niedersachsens auf landwirtschaftlichen Nutzflächen erhöhte Gehalte für Dioxine (PCDD/F) und dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB) im Aufwuchs festgestellt.

Auf Veranlassung des Niedersächsischen Umweltministeriums und in Abstimmung mit dem Niedersächsischen Landwirtschaftsministerium wurden daraufhin Bodenuntersuchungen initiiert, um eine belastbare landesweite Datengrundlage für diese organischen Schadstoffe im Boden zu schaffen. Neben dem LBEG und den benannten Ministerien waren das Niedersächsische Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES), der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), die Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK), der Landkreis Leer, der Landkreis Emsland und die Stadt Emden bei der Konzipierung und Realisierung des Untersuchungsprogramms beteiligt:

2. Untersuchungskonzept

Das Untersuchungskonzept sah vor zunächst (in 2008) an Ems und Weser und anschließend (in 2009) landesweit Böden in Flussauen hinsichtlich der auftretenden Stoffkonzentrationen für Dioxine und dioxinähnliche PCB zu untersuchen. Die Arbeiten waren eingebunden in die generellen Bemühungen Daten zum Bodenzustand zu erheben und im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) bereitzustellen.

Für die Realisierung des Untersuchungskonzeptes wurden bodenkundliche und geologische Flächeninformationen des NIBIS genutzt. Konkret wurden die Karten zur Hochwassergefährdung (auf Basis der Geologischen Karte i.M. 1:50.000, vgl. Abb. 1) sowie die Bodenkundliche Übersichtskarten (i.M. 1:50.000) genutzt, um Bereiche zu kennzeichnen, die innerhalb bzw. außerhalb von Überschwemmungsbereichen der Flüsse gelegen sind. Die Überflutungsbereiche der Ems standen zunächst im Zentrum der Untersuchungen, da das Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) hier eine Häufung von Überschreitungen der Futtermittelgrenzwerte festgestellt hatte. Die hinsichtlich

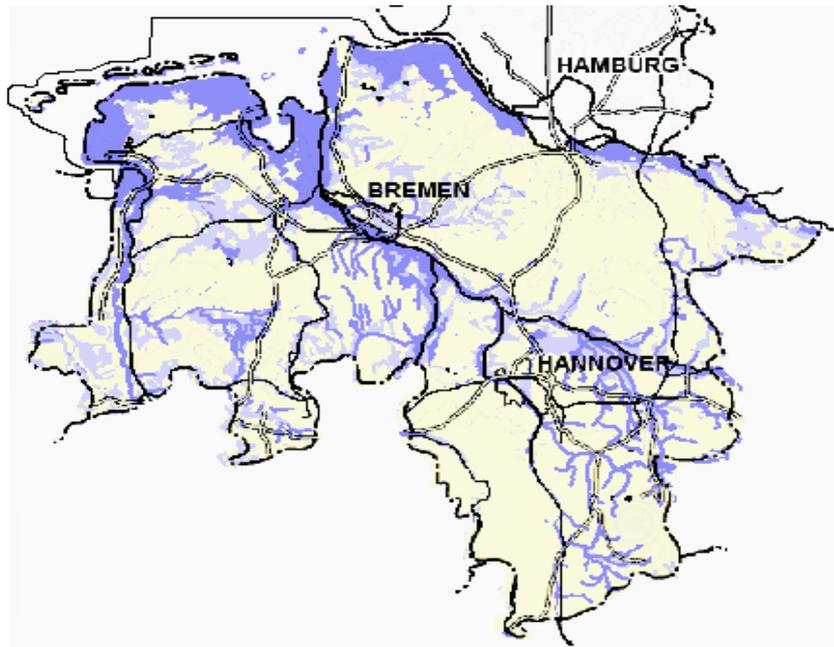


Abbildung 1: Karte der Hochwasser gefährdeten Gebiete

der Futtermittel auffälligen Standorte wurden gezielt beprobt und bodenkundlich kartiert. Die bodenkundliche Kartierung ist für die Interpretation der Untersuchungsergebnisse vor allem dort hilfreich, wo anthropogene Eingriffe zu einer Veränderung der Böden geführt haben. Diesem Aspekt wurde darüber hinaus durch die Zulieferung und Berücksichtigung von Informationen der Landkreise Rechnung getragen, die Hinweise zu „Verdachtsstandorten“ zur Verfügung gestellt haben.

Neben dem Eintrag von Schadstoffen über den Wasserpfad und/oder den partikelgebundenen Stoffeintrag wurde auch dem potenziellen Eintragspfad Luft im Rahmen der Untersuchungen entsprechende Aufmerksamkeit gewidmet. An der Ems wurden hierzu drei hochwassergeschützte Transekte (Binnendeich) beprobt. Die Transekte wurden an der Emsmündung, im Bereich Jemgum/Midlum und im Bereich nördlich von Weener (Distanz je ca. 10 km) angelegt und im Abstand von 250m , 500m und 1000m vom Deich beprobt. Die Differenzierung von Untersuchungsflächen im aktuellen Überschwemmungsbereich der Flüsse und in Untersuchungsflächen außerhalb des aktuellen Überschwemmungsbereiches wurde auch für alle weiteren landesweiten Untersuchungen (an der Weser, der Söse, der Hunte, der Fuhse, der Aller, der Innerste, der Oker und der Elbe) beibehalten. In Abbildung 2 sind die Beprobungspunkte aus den Jahren 2008 und 2009 dargestellt

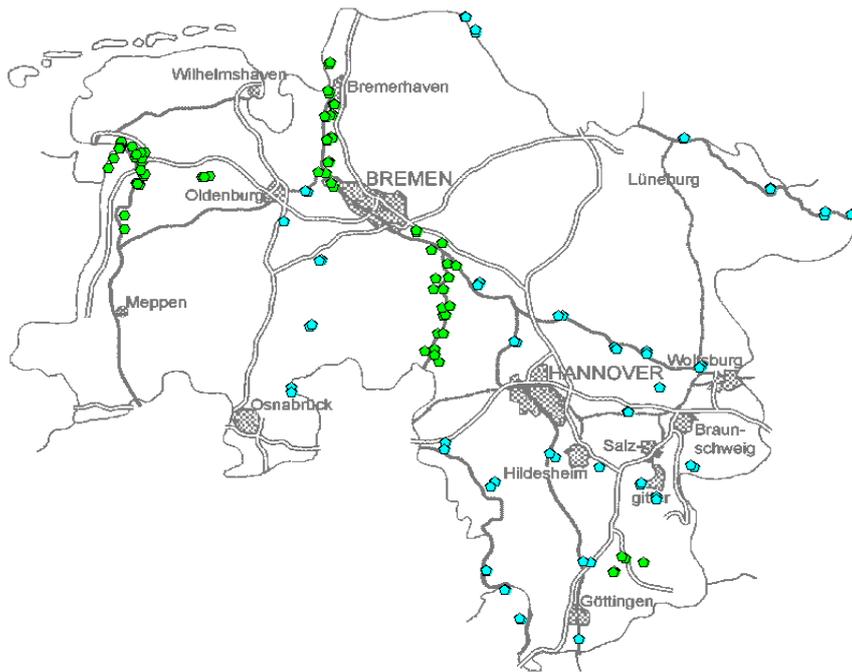


Abbildung 2: PCDD/F & dl-PCB Untersuchungsstandorte, 2008 (grün) und 2009 (blau)

Insgesamt sind für Niedersachsen im Laufe der Untersuchungen ca. 140 Standorte im Überflutungsbereich (Stoffeinträge vorrangig über den Wasserpfad) und außerhalb des Überflutungsbereiches (Stoffeinträge vorrangig über den Luftpfad) unter Grünlandnutzung untersucht worden. Die Beprobung wurde an allen Standorten gemäß den Vorgaben der Bundes-Bodenschutzverordnung (BUNDESREGIERUNG 1999) und des Probenahmedesigns „Dioxinzirkel“ realisiert, das für die Ermittlung von PCDD/F-Gehalten Anfang der 90er Jahre entwickelt und seitdem genutzt wird, um dem Aspekt der Vergleichbarkeit der niedersächsischen Untersuchungsergebnisse Rechnung zu tragen (SCHNEIDER 2005).

3 Untersuchungsparameter

Das Analysespektrum war bei allen Bodenproben auf die Parameter polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F), polychlorierte Biphenyle (PCB₆), dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB), Schwermetalle nach BBodSchV, pH-Werte und die Corg - Gehalte ausgerichtet.

4 Ergebnisse

4.1 Ems

4.1.1 Belastungsniveau

Eine überschlägige Sichtung der ermittelten Belastung (Summe dl-PCB und PCDD/F in Toxizitätsäquivalenten nach WHO) ermöglicht die folgende Abbildung.

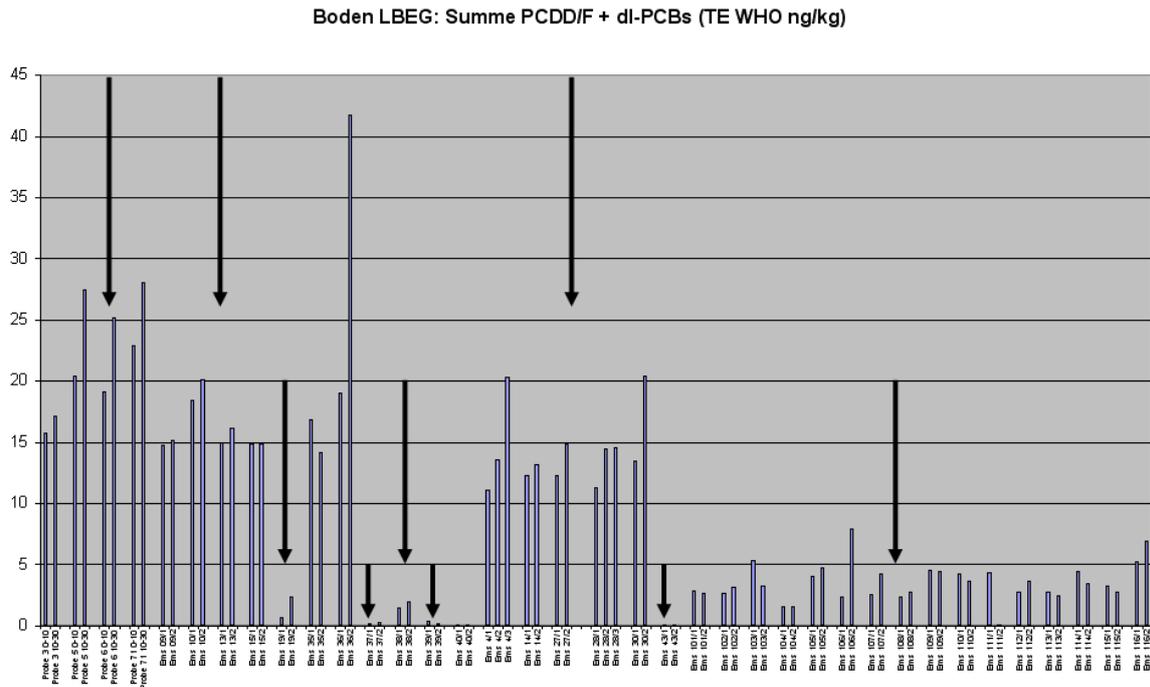


Abbildung 3: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Ems

Obwohl sie eine zunächst ungeordnete Zusammenstellung aller erhobenen Untersuchungsergebnisse darstellt, lassen sich mittels dieser Graphik bereits 3 Belastungsniveaus identifizieren. Da sind zum einen die Bodenproben deren Summenparameter (PCDD/F & dl-PCB n. WHO in TE) durch Stoffgehalte von ca. 20 - 25 ng/kg gekennzeichnet sind, die alle im aktuellen Überflutungsbereich der Ems lokalisiert sind. Weiterhin lassen sich Bodenproben identifizieren deren Summenparameter (PCDD/F & dl-PCB n. WHO in TE) durch Stoffgehalte von ca. 5 ng/kg gekennzeichnet sind, die alle außerhalb des aktuellen Überschwemmungsbereiches der Ems lokalisiert sind. Die geringsten Gehalte belaufen sich für die Summenparameter (PCDD/F & dl-PCB n. WHO in TE) auf < 2 ng/kg. Diese Standorte sind in Tabelle 1 als Proben mit „Auffälligkeiten“ gekennzeichnet und werden in Kapitel 4.1.4 näher erläutert.

Tabelle 1: Schadstoffgehalte in den Böden an der Ems

Bodenproben (Marsch) im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N=36	15 ng/kg	25 ng/kg
Bodenproben (Marsch) außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N=34	3 ng/kg	5 ng/kg
Bodenproben mit „Auffälligkeiten“		
N=10	0,8 ng/kg	1,4 ng/kg

4.1.2 Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Ems (Außendeich)

Neben der Höhe der Summenparameter als toxikologische Äquivalente interessieren vor allem auch die Nachweise der Einzelstoffverbindungen und deren Darstellung in entsprechenden Belastungsmustern. Abbildung 4 repräsentiert, vor dem Hintergrund der erhobenen Daten, ein typisches Kongenerenmuster für Bodenproben, das im aktuellen Überflutungsbereich der Ems erhoben wurde. Dieses Muster findet sich in vergleichbarer Weise bei nahezu allen im Außendeichbereich entnommenen Bodenproben, wenn auch auf unterschiedlichen Belastungsniveaus.

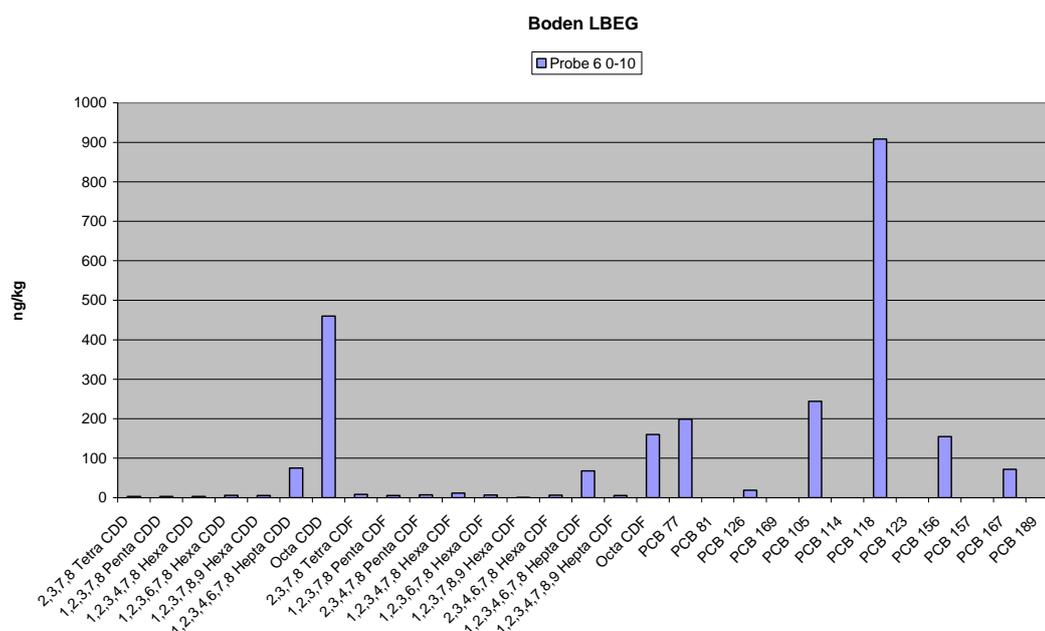


Abbildung 4: Exemplarisches Kongenerenmuster für Bodenproben im Überflutungsbereich der Ems

Die Belastungsmuster der Bodenproben im Überflutungsbereich der Ems sind untereinander gut vergleichbar, da

- die Dioxingehalte wesentlich durch octachlorierte Dibenzodioxine dominiert werden,
- daneben vor allem 1,2,3,4,6,7,8 heptachlorierte Dibenzodioxine in Erscheinung treten,
- die Furangehalte durch octachlorierte Dibenzofurane dominiert werden,
- daneben vor allem 1,2,3,4,6,7,8 heptachlorierte Dibenzofurane festzustellen sind,
- die dl-PCB durch PCB118 dominiert werden
- und ansonsten vor allem PCB 77, 105, 156 oder 167 zur Summe dl-PCB in relevantem Umfang beitragen.

Eine Besonderheit ist für Bodenprobe 36/2 zu verzeichnen (vgl. Kap. 7). Diese im Außendeichbereich am Dollart aus einer Tiefe von 10-30 cm gewonnene Probe ist durch die höchsten Schadstoffgehalte gekennzeichnet, die im Rahmen der Untersuchungen an der Ems festgestellt wurden. Die Besonderheit beruht nicht nur auf der festgestellten Belastung (PCB 118 – Gehalte mit über 2500 ng/kg), sondern auch auf der Tatsache, dass das Belastungsmuster von octachlorierten Dibenzofuranen statt PCB 118, dominiert wird. Innerhalb der dl-PCB dominiert wiederum PCB 118 in gewohnter Weise (ca. Faktor 3 gegenüber PCB 77 oder PCB 105).

Im Unterschied zu den Proben die außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich) gewonnen wurden, weisen die Proben im aktuellen Überflutungsbereich

- einen deutlich erhöhten Dioxingehalt,
- einen deutlich erhöhten Furangehalt
- und einen deutlich erhöhten Gehalt an PCB 118 und weiterer dl-PCB-Verbindungen auf.

Bei der Sichtung der Kongenerenmuster für die Bodenproben aus dem Außendeichbereich fällt weiterhin auf, dass sich die Proben quasi zwei Belastungsniveaus zuordnen lassen. Ein Niveau ist durch Abbildung 4 repräsentiert und steht mit 18 von 32 Proben für die Mehrzahl der Untersuchungsstandorte. Weitere 12 (von 32 Proben) weisen zwar immer noch deutlich höhere Schadstoffgehalte als bspw. im Binnendeichbereich auf, erreichen jedoch nur etwa die Hälfte der bisher dokumentierten Schadstoffgehalte. Die Struktur des Kongenerenmusters und damit die Relation der in Erscheinung getretenen Komponenten zueinander, ändert sich jedoch nicht wesentlich.

Der Vergleich der Schadstoffgehalte (als Summenparameter PCDD/F & dl-PCB, in Toxizitätsäquivalenten) zeigt, dass die Größenordnung der Belastungsunterschiede

zwischen Proben die im Binnendeichbereich und Proben die im Aussendeichbereich entnommen wurden, sich in etwa auf Faktor 5 beläuft (3-5 ng/kg versus 15-25 ng/kg).

4.1.3 Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Ems (Binnendeich)

Abbildung 5 visualisiert exemplarisch das Kongenerenmuster für Bodenproben, die außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches der Ems entnommen wurden. Das exemplarische dargestellte Kongenerenmuster findet sich in vergleichbarer Weise in 21 von 34 Bodenproben.

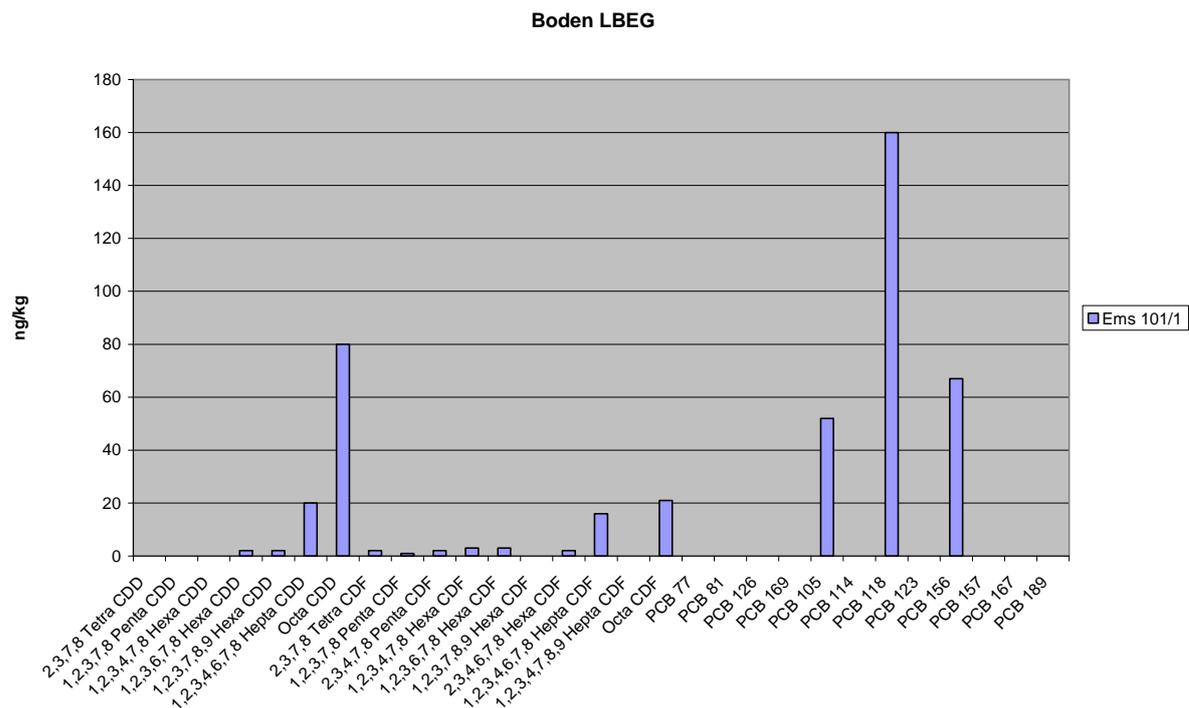


Abbildung 5: Exemplarisches Kongenerenmuster für Bodenproben außerhalb des Überflutungsgebietes der Ems

Die Bodenproben sind insofern vergleichbar, dass

- die Dioxingehalte wesentlich durch octachlorierte Dibenzodioxine dominiert werden,
- daneben nur noch relevante Mengen von 1,2,3,4,6,7,8 heptachloriertem Dibenzodioxin in Erscheinung treten,
- die Furangehalte durch octachlorierte Dibenzofurane dominiert werden,
- daneben nur noch 1,2,3,4,6,7,8 heptachloriertes Dibenzofuran in Erscheinung tritt,
- die dl-PCB-Gehalte durch PCB118 dominiert werden
- und daneben im wesentlichen PCB 105 und/oder PCB 156 in relevanten Mengen detektiert wurden.

Die Abweichungen in den Mustern der restlichen Proben bestehen z.T. in der Höhe der absoluten Werte (Probe 103/1, Gehalte um Faktor 2-3 höher), dem fehlenden Nachweis von

dl-PCB, die in Teilen der Proben gar nicht (z.B. Probe 108/1, 111/2) oder ausschließlich durch PCB118 (z.B. Probe 104/1, 106/1, 107/1 & 2, 108/2, 109/2, 115/2, 38/1 & 2) nachgewiesen sind. Eine weitere Auffälligkeit ist für das Kongenerenmuster der Probe 107/2 zu verzeichnen. Während die Probe 107/1 aus der Tiefe 0-2 cm noch annähernd dem „typischen“ Muster entspricht, zeigt die Probe aus der Tiefe 0-10 cm deutlich höhere Furangehalte (ca. Faktor 10), damit auch höhere Furan- als Dioxingehalte und höhere Furan- als dl-PCB-Gehalte. Untersuchungsbefunde die durch die Existenz dominierender Furangehalte gekennzeichnet werden, finden wir ansonsten vor allem an der Elbe.

4.1.4 Exemplarisches Kongenerenmuster mit „Auffälligkeiten“

Abbildung 6 veranschaulicht zunächst, dass sich die Dioxin- und Furangehalte auf einem relativ niedrigen Niveau befinden und keine dl-PCB nachgewiesen sind.

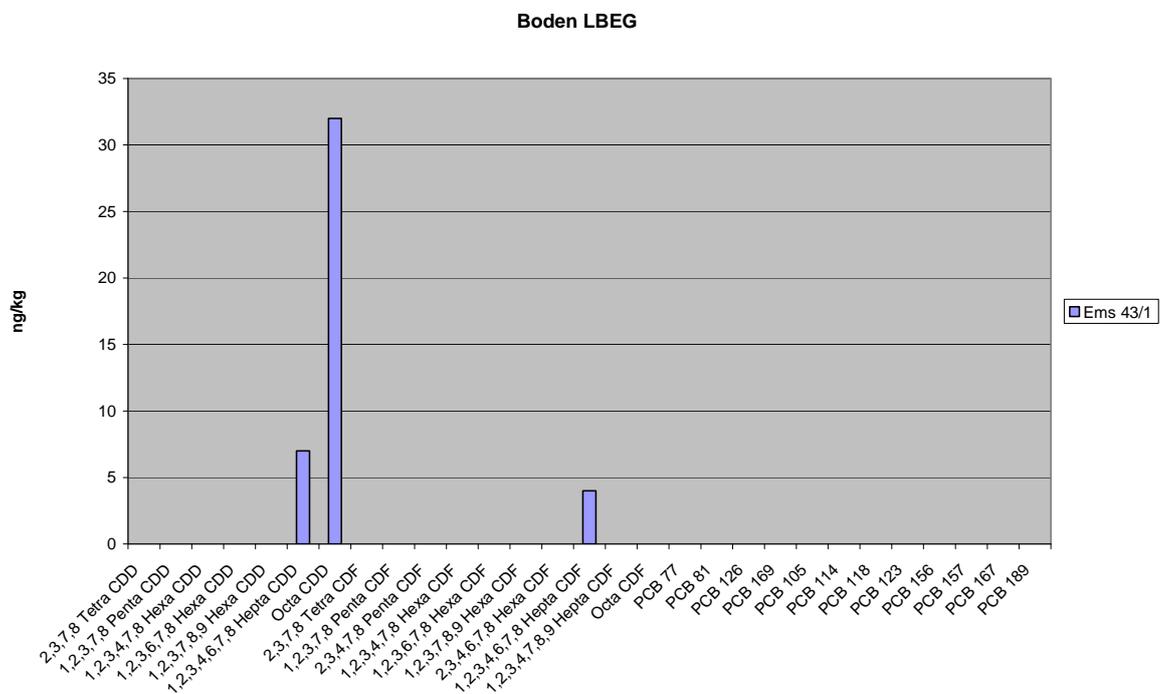


Abbildung 6: Exemplarisches Kongenerenmuster für Bodenproben mit „Auffälligkeiten“

Das hier dargestellte Muster repräsentiert 4 von 5 Standorten im Überflutungsbereich (Aussendeich), für die entweder in beiden Beprobungstiefen (0-10 cm bzw. 10-30 cm) oder zumindest in einer Tiefe kein dl-PCB nachgewiesen werden konnte. Bei den Proben die dioxinähnliche PCB enthielten wurde PCB 118 nachgewiesen. PCB 118 befindet sich hier auf einem noch geringeren Belastungsniveau als außerhalb des Überschwemmungsbereiches (Binnendeich). Auch das Schadstoffmuster der hier gruppierten Proben unterscheidet sich deutlich von dem anderer Bodenprofile an der Ems. Die Kennzeichnung

„Bodenproben mit Auffälligkeit“ ist sowohl aus den Summenparametern und dem Schadstoffmuster als auch aus den kartieren bodenkundlichen Merkmalen herzuleiten.

4.1.5 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Sowohl die Profile im aktuellen Überschwemmungsbereich der Ems (Außendeich) als auch die Profile außerhalb des aktuellen Überschwemmungsbereiches (Binnendeich) sind nahezu durchgängig als Marschprofile (M*, Tabelle 2) klassifiziert. Demgegenüber zeigt die Klassifikation der „Böden mit Auffälligkeit“ deutlich andere Sachverhalte. Die hier zugeordneten Bodenprofile wurden als Grundwasserböden (G*) und als anthropogen bedingte Tiefumbruchböden (Y*) gekennzeichnet. Insbesondere bei den Tiefumbruchböden wurde ursprünglich natürlich sedimentiertes Material (durch den anthropogenen Eingriff des „tief umbrechens“) an die Oberfläche verlagert. Darüber hinaus wird für die Grundwasserböden am Afer Tief (Profile 37, 39 und 40) allein durch die Entfernung von der Ems (ca. 20 km) deutlich, dass hier veränderte Sedimentationsbedingungen zur Genese der Böden beigetragen haben. Der bodenkundliche Kartierbefund korrespondiert sehr gut mit den geringen Schadstoffgehalten.

Obwohl die Schadstoffgehalte für viele Proben eine nachvollziehbare Übereinstimmung mit den kartierten Bodentypen zeigen, sind diese Informationen nur im Sinne einer Interpretationshilfe belastbar. Profil Ems 27 bzw. Ems 111 (vgl. Tabelle 2) sind nämlich gleichzeitig auch Beleg dafür, dass das Ergebnis der bodenkundlichen Klassifikation für die Kennzeichnung/Prognose der Schadstoffgehalte nicht in jedem Fall Ziel führend ist. Trotz deutlich abweichender Klassifikation zeigen sie vergleichbare Stoffgehalte innerhalb der vorgenommenen Gruppierung (Binnendeich versus Außendeich).

Tabelle 2: Zusammenstellung ausgewählter bodenkundlicher Profildaten von der Ems

Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)			Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens mit „Auffälligkeiten“		
Ems 01	MRb4	Ut	Ems 101	MK2	Tu	Ems 19	YU3	fSu
Ems 03	MRb4	Ut	Ems 102	MK2	Tu	Ems 37	G4	Slu
Ems 04	MK2	Ut	Ems 103	MK2	Tu	Ems 39	G3	Lt/fS
Ems 05	MRb4	Ut	Ems 104	MK3	Lu	Ems 40	G4	fSu
Ems 06	MR3	Tu	Ems 105	MK2	Tu	Ems 43	YU/G4	fS

Ems 09	MRb3	Ut	Ems 106	MK2	Tu		
Ems 10	MRb3	Ut	Ems 107	MD- MN3	fS		
Ems 13	MRf3	Ut	Ems 108	MNf3	Ut		
Ems 14	MRb1	Ut	Ems 109	MN2	Tu		
Ems 15	MRb2	Ut	Ems 110	MK1	Tu		
Ems 27	G4	Ut	Ems 111	YU3	Tu		
Ems 28	MRb3	Ut	Ems 112	MNb 3	Ut		
Ems 30	MRf2	Ut	Ems 113	MK1	Ut		
Ems 35	MRb3	Ut	Ems 114	MK2	Tu		
Ems 36	MRb2	Ut	Ems 101	MK2	Tu		
			Ems 102	MK2	Tu		
			Ems 103	MK2	Tu		

Neben den Bodentypen bieten die Bodenarten eine weitere Interpretationshilfe für die Überprüfung der Zugehörigkeit zu den drei ausgewiesenen Belastungsgruppen an. Bei den Profilen Ems 19 und Ems 43 (Bodentypen/-arten des Oberbodens mit „Auffälligkeiten“ in Tabelle 2) handelt es sich um Standorte, welche im südlichen Emsbereich (Nähe Aschendorf bzw. Nähe Heede) lokalisiert sind. Diese Standorte sind im Gegensatz zu den „typischen Marschprofilen“, die feinklastische (Tu, Lu, Ut, Lt = schluffig-tonige) Sedimente aufweisen, durch deutlich gröbere Bodenarten (fS, fSu, Slu) dominiert. Ebenso repräsentieren die Profile Ems 37, Ems 39 und Ems 40 keine „typischen Marschenprofile“. Sie sind, vergleichbar zu den Standorten in Aschendorf bzw. Heede, durch sandige und damit gröbere Bodenarten gekennzeichnet. Die im Gelände kartierten Merkmale liefern neben den Stoffgehaltsgruppen einen weiteren Ansatz für die Unterteilung des Probenkollektivs in die Belastungsgruppen Außendeich bzw. Binnendeich einerseits und „mit Auffälligkeit“ andererseits. Hinsichtlich der Humusgehalte unterscheiden sich die Böden mit „Auffälligkeiten“ ebenfalls von den „typischen Marschprofilen“. Während die Marschen an der Ems (sowohl innerhalb als auch außerhalb der aktuellen Überschwemmungsbereiche) Humusgehalte von ca. 10-15% aufweisen, wurden bei den Böden mit „Auffälligkeiten“ nur Humusgehalte von ca. 2-3 % festgestellt. Der Verweis auf die verringert zur Verfügung stehenden Sorptionsplätze stützt indirekt die vorgenommene Gruppierung der Untersuchungsstandorte.

4.1.6 Zusammenfassung Ems

Die wesentlichen Erkenntnisse, die im Zuge der Arbeiten zur Kennzeichnung der PCDD/F & dl-PCB-Belastung der Böden im Untersuchungsgebiet an der Ems gewonnen wurden, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Marschböden innerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches der Ems sind überwiegend durch Stoffkonzentrationen von ca. 15-25 ng/kg TE WHO gekennzeichnet.
- Marschböden außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches der Ems sind überwiegend durch Stoffkonzentrationen von ca. 3-5 ng/kg TE WHO gekennzeichnet.
- Diese Stoffgehalte bewegen sich deutlich unterhalb von Prüf- und Maßnahmewerten der Bundes-Bodenschutzverordnung (BUNDESTAG 1998, BUNDESREGIERUNG 1999).
- Für die Unterschiede der Schadstoffgehalte im Boden lassen sich kausal begründete Zusammenhänge anführen. Einträge über den Wasserpfad bedingen offensichtlich höhere Schadstoffgehalte als über den Luftpfad.
- Die Böden am Aper Tief und die Tiefumbruchböden bei Aschendorf bzw. Weener weisen die geringsten Gehalte auf (< 2 ng/kg TE WHO). Sie stellen in diesem Probenkollektiv quasi Sonderstandorte dar.
- Die Gruppierung der Stoffkonzentrationen für Böden innerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches, Böden außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches und „Böden mit Auffälligkeiten“ ist auch auf Grundlage der erhobenen bodenkundlichen Merkmale plausibel.
- Die Erhebung der bodenkundlichen Merkmale hat sich für die Interpretation der Stoffgehaltsunterschiede als hilfreich erwiesen.

4.2 Weser

4.2.1 Belastungsniveau

Eine überschlägige Sichtung der ermittelten Schadstoffgehalte an der Weser ermöglicht Abbildung 7. Anhand der Abbildung lassen sich 2 Belastungsniveaus identifizieren: Zum einen die Bodenproben deren Summenparameter (PCDD/F & dl-PCB n. WHO in TE) durch mittlere Stoffgehalte von ca. 20-25 ng/kg gekennzeichnet sind. Diese sind alle im aktuellen

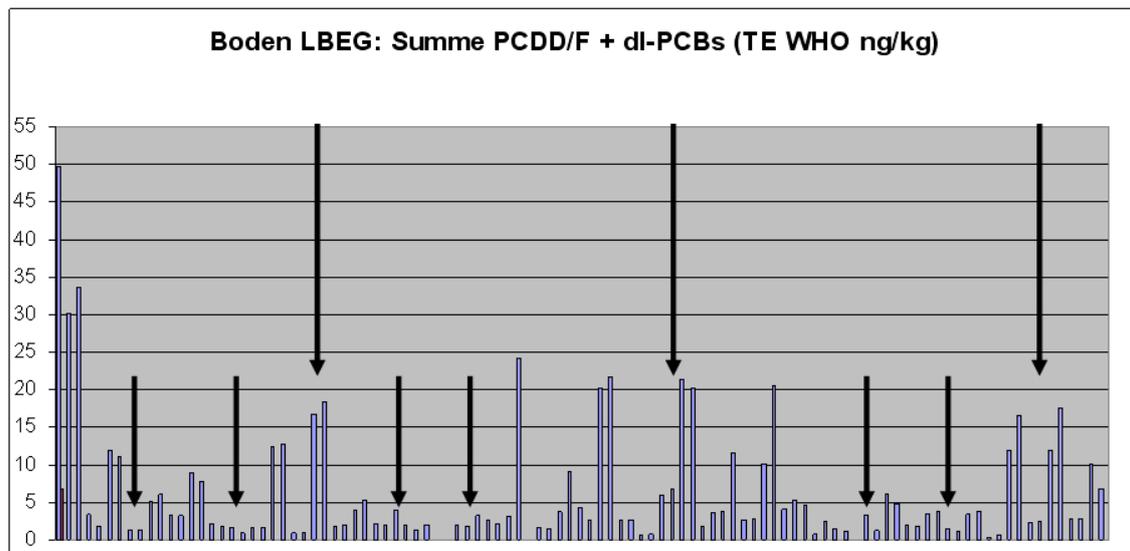


Abbildung 7: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet Weser

Überflutungsbereich der Weser lokalisiert. Für dieses Probenkollektiv sind mit 30-35 ng/kg (bzw. in einem Fall mit bis zu 50 ng/kg) die höchsten Stoffgehalte im Außendeichbereich zu verzeichnen. Darüber hinaus lassen sich im Untersuchungsgebiet an der Weser Bodenproben identifizieren deren Stoffgehalte (PCDD/F & dl-PCB n. WHO in TE) durch ca. 5 ng/kg gekennzeichnet sind. Diese sind jedoch außerhalb des aktuellen Überschwemmungsbereiches der Weser lokalisiert.

Tabelle 3: Schadstoffgehalte in den Böden an der Weser

Bodenproben (Marsch) im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N= 50	7 ng/kg	21 ng/kg
Bodenproben (Marsch) außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N= 50	2 ng/kg	4 ng/kg

4.2.2 Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Weser (Außendeich)

Neben der Höhe der Summenparameter auf Basis der toxikologischen Äquivalente interessieren für die untersuchten Bodenproben auch die absoluten Höhen der Einzelstoffverbindungen und deren Verteilung. Abbildung 8 repräsentiert ein typisches Muster der Dioxinkonzentrationen bzw. der Konzentrationen mit dioxinähnlichen PCB, das im aktuellen Überflutungsbereich der Weser an den Bodenproben festgestellt wurde. Das dargestellte Muster findet sich in vergleichbarer Weise bei ca. 80 Prozent der im Außendeichbereich entnommenen Bodenproben an der Weser, wenn auch auf unterschiedlichen Belastungsniveaus. Dabei reicht die Skalierung der Absolutgehalte von ca. 200 bis zu ca. 3500 ng/kg. Die Schadstoffmuster sind insofern vergleichbar, dass

- die Dioxingehalte durch octachlorierte Dibenzodioxine dominiert werden,
- daneben nur noch 1,2,3,4,6,7,8 heptachlorierte Dibenzodioxine nennenswert in Erscheinung treten,
- die Furangehalte durch octachlorierte Dibenzofurane dominiert werden,
- daneben noch 1,2,3,4,6,7,8 heptachlorierte Dibenzofurane nennenswert in Erscheinung treten,
- die dl-PCB-Gehalte maßgeblich durch PCB118 dominiert werden und
- daneben noch PCB 105, PCB 156 oder PCB 167 in relevantem Mengen detektiert wurden.

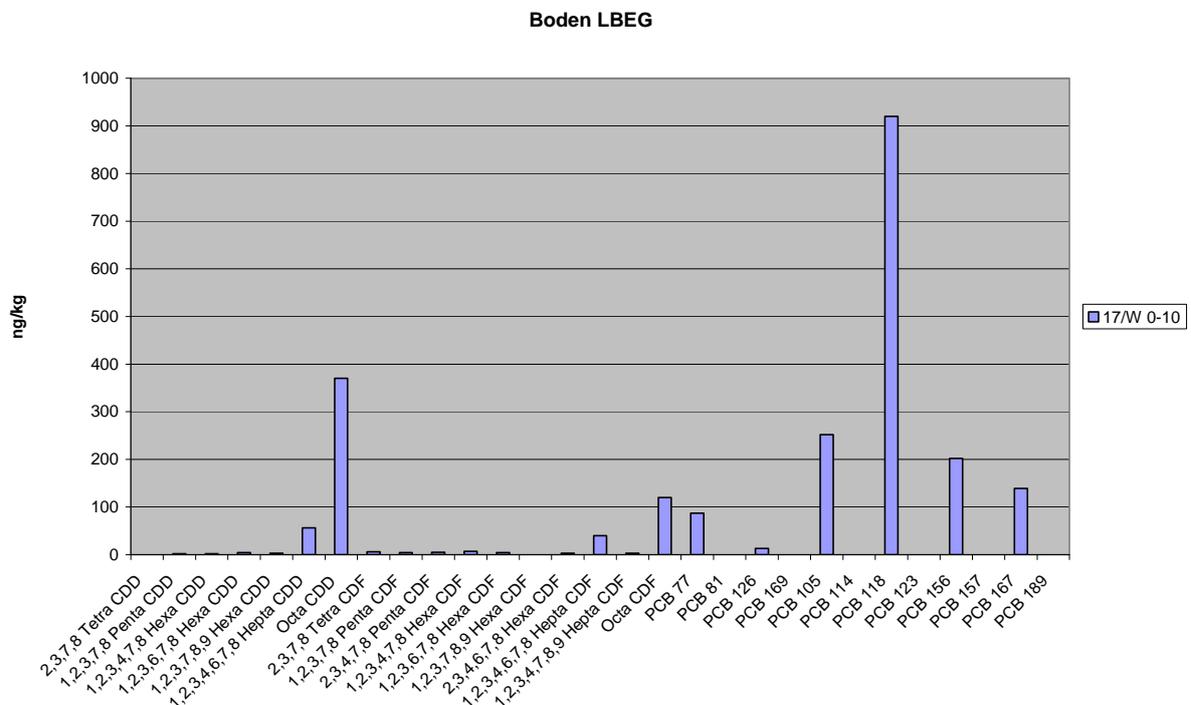


Abbildung 8: Exemplarisches Kongenerenmuster einer Bodenprobe im Überflutungsbereich der Weser

In den anderen Fällen wurden vereinzelt Proben in der Tiefenlage von 10-30 cm ohne PCDD/F bzw. ohne dl-PCB angetroffen (z.B. 18 W, 19 W), oder auch Proben, die relativ viel Furan enthalten und deren Schadstoffmuster je nach Tiefenlage von diesem sogar dominiert wird (z.B. 22 W). Ein räumlicher Zusammenhang zwischen dem auftretendem Schadstoffmuster und der Lokalität im Sinne von „kommt nur vor an Oberweser, Mittelweser oder Unterweser“ ist nicht herzustellen.

4.2.3 Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Weser (Binnendeich)

Abbildung 9 visualisiert exemplarisch das Kongenerenmuster für Bodenproben, die außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches der Weser entnommen wurden. Das exemplarische Belastungsmuster findet sich in vergleichbarer Weise in ca. 60 Prozent der untersuchten Bodenproben im Binnendeichbereich.

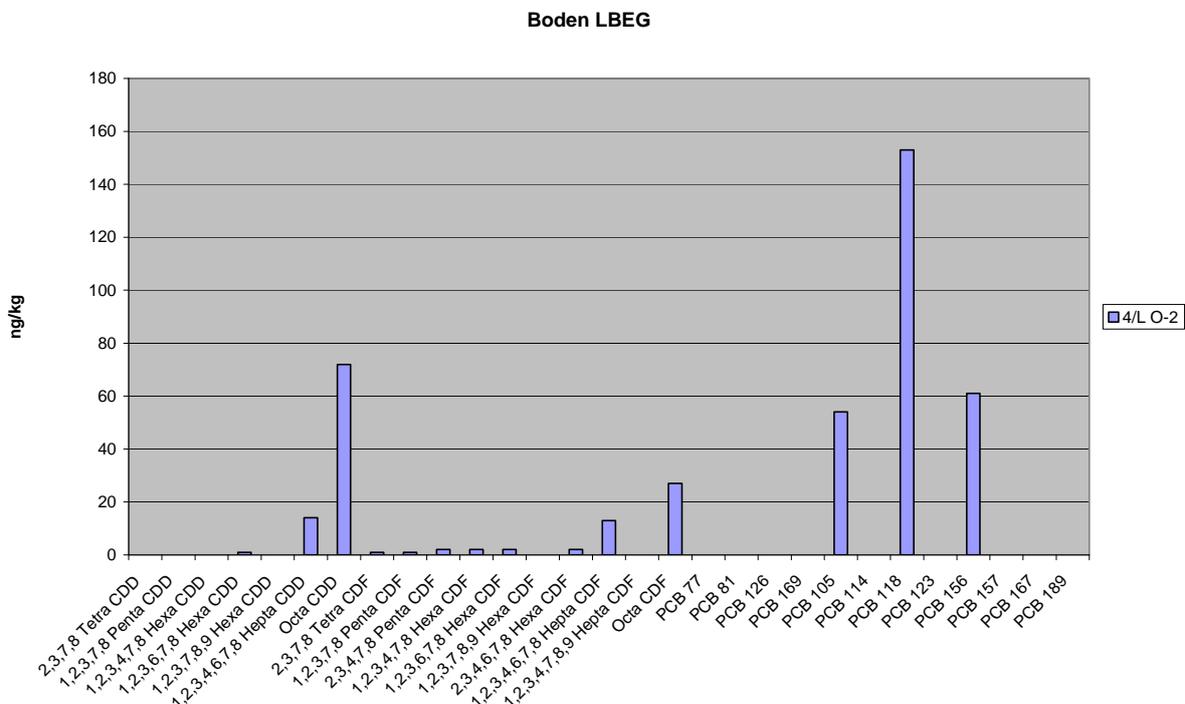


Abbildung 9: Exemplarisches Kongenerenmuster einer Bodenprobe, außerhalb des Überflutungsbereiches der Weser

Die Bodenproben sind insofern vergleichbar, dass

- die Dioxingehalte durch octachlorierte Dibenzodioxine dominiert werden,
- daneben nur noch 1,2,3,4,6,7,8 heptachlorierte Dibenzodioxine nennenswert in Erscheinung treten,
- die Furangehalte durch octachlorierte Dibenzofurane dominiert werden,
- daneben nur noch 1,2,3,4,6,7,8 heptachlorierte Dibenzofurane nennenswert in Erscheinung treten,

- die dl-PCB-Gehalte maßgeblich durch PCB118 dominiert werden,
- daneben noch PCB 105 und/oder PCB 156 in relevantem Mengen detektiert wurden.

Neben dem hier vorgestellten Belastungsmuster tritt noch ein weiteres Muster für ca. 40 Prozent der untersuchten Proben in Erscheinung. Es ist hinsichtlich der Dioxin und Furan-Gehalte ähnlich, unterscheidet sich jedoch vor allem dadurch, dass die dioxinähnlichen PCB nicht in Erscheinung treten (Abbildung 10). Dieser Effekt ist nicht an bestimmte Tiefenbereiche gebunden. Er tritt sowohl bei Proben aus 0-2 cm als auch bei Proben aus 0-10 cm Tiefe auf. Er hat auch keine Auswirkungen auf die Summenparameter PCDD/F & dl-PCB in Toxizitätsäquivalenten, die sich sowohl für Probe 4 (Abbildung 9) als auch für Probe 8 (Abbildung 10) auf Grund der Umrechnungsfaktoren (nach WHO) auf ca. 2 ng/kg belaufen.

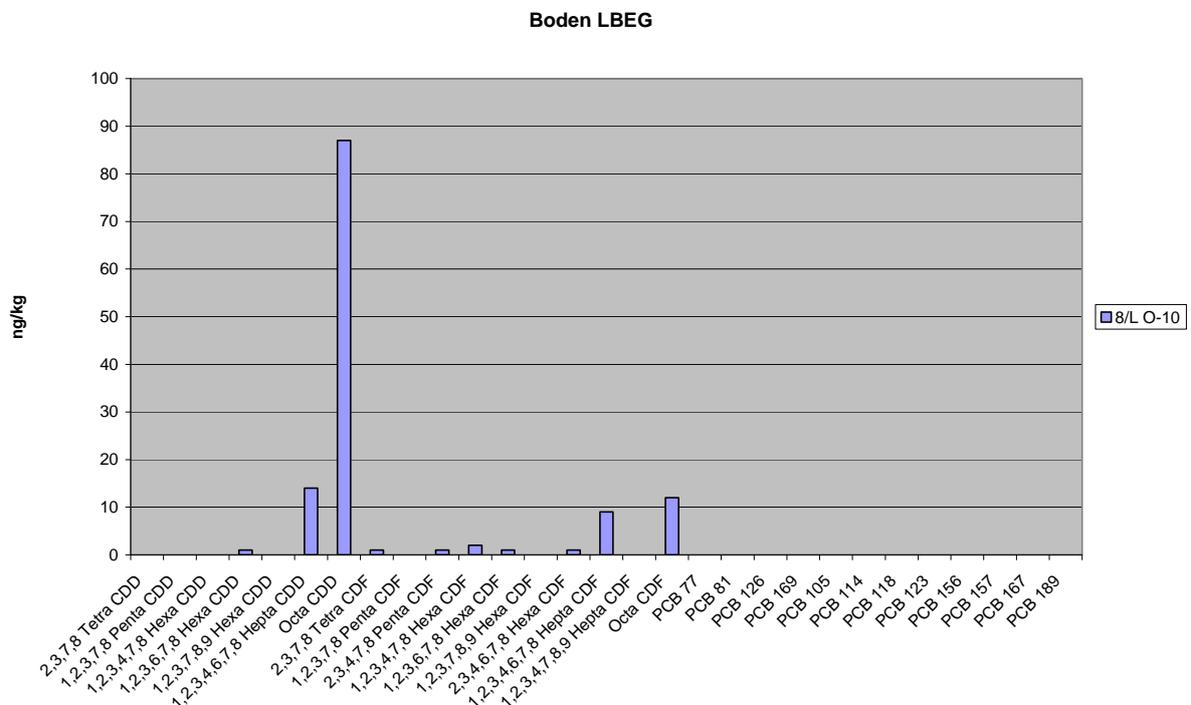


Abbildung 10: Exemplarisches Kongenerenmuster, außerhalb des Überflutungsbereiches der Weser, ohne dl-PCB

Eine räumliche Differenzierung im Sinne unterschiedlicher Stoffgehalte für Unter-, Mittel- oder Oberweser ist auf Grundlage des vorliegenden Datenmaterials für Dioxine und dioxinähnliche PCB kaum möglich, da in jedem der benannten Untersuchungsabschnitte unterschiedlich hoch belastete Böden angetroffen wurden. Tabelle 4, in der eine exemplarische Klassifizierung der Stoffgehalte vorgenommen wurde, veranschaulicht, dass z.B. an der Oberweser genauso viele Proben im „höchst belasteten“ wie im „geringst belasteten“ Bereich nachgewiesen wurden. Für die Mittelweser sind die Mehrzahl der Proben hingegen dem Belastungsbereich mit „erhöhten Stoffkonzentrationen“ bzw. „hohen Stoffkonzentrationen“ zu zuordnen. Der absolut höchste im Überflutungsbereich an der

Weser ermittelte Wert für PCDD/F & dl-PCB ist im Überflutungsbereich der Mittelweser lokalisiert. Im Bereich der Unterweser lassen sich hingegen die meisten Proben der relativ „höchsten Belastungsklasse“ zuordnen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Teilkollektiven reichen jedoch nicht aus eine signifikante regional differenzierte Charakterisierung der Böden hinsichtlich ihrer PCDD/F & dl-PCB –Belastung vorzunehmen.

Tabelle 4: Anteilige Verteilung der Proben pro „Belastungsklasse“ im Überflutungsbereich der Weser

	< 100 ng/kg	100 –< 500 ng/kg	500 – 1000 ng/kg	> 1000 ng/kg
Oberweser	-	2	1	2
Mittelweser	2	3	3	2
Unterweser	1	2	3	4
	12%	28%	28%	32%

4.2.4 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Die Bodenprofile im Überflutungsbereich der Weser (Außendeich) sind in Abhängigkeit der geographische Lage als Auenböden (A*), Gley-Auenböden (G-AB*) sowie als Marschenböden (M*) klassifiziert. Gerade hinsichtlich der Marschenböden (Profile 11-20), die küstennah und damit im Einflussbereich des Gezeitenstroms lokalisiert sind, lassen sich die Stoffgehalte mit den Verhältnissen an der Ems direkt vergleichen.

Hinsichtlich der Stoffgehalte gilt dies auch für die Böden außerhalb des aktuellen Überflutungsregimes (Binnendeichbereich). Für die hier erhobene Stichprobe wurden Konzentrationen von 2 bzw. 5 ng/kg TE ermittelt (50. Perzentil bzw. 90. Perzentil), im Außendeichbereich wurden hingegen Stoffkonzentrationen von 7 bzw. 21 ng/kg TE ermittelt (50. Perzentil bzw. 90. Perzentil).

Die bodenkundliche Klassifikation hilft zur Identifizierung der Standorte mit den niedrigsten Konzentrationen für Dioxine und dioxinähnlichen PCB an der Weser nur wenig. Aussagekräftiger ist hier der Bezug zu den Bodenarten (vgl. Tabelle 5). So korrespondieren z.B. sandige Standorte im Überflutungsbereich (z.B. 2W, 14W, 19W) mit den geringsten Stoffgehalten. Außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeichbereich) sind bei den geringen Gehalten von 2-5 ng/kg weder Unterscheidungen hinsichtlich der Bodentypen, noch hinsichtlich der Bodenarten nachzuweisen.

Die Humusgehalte unterscheiden sich für die Böden an der Weser (sowohl innerhalb als auch außerhalb der aktuellen Überschwemmungsbereiche) nicht wesentlich von den Böden an der Ems. Beide Probenkollektive sind mit mittleren Humusgehalten von ca. 8 %

gekennzeichnet. Eine Ausnahme stellt Standort 9 W dar. Dieser im aktuellen Überflutungsbereich gelegene Untersuchungsstandort weist mit ca. 50% organischer Substanz die höchsten Anteil organischer Substanz auf. Die hohen Humusgehalte liefern gleichzeitig einen Erklärungsansatz für den höchsten Messwert PCDD/F & dl-PCB, der im Gesamtprobenkollektiv an der Weser festgestellt wurde und ohne die Erhebung begleitender bodenkundlicher Parameter nicht ohne weiteres erklärlich gewesen wäre.

Tabelle 5: Zusammenstellung ausgewählter Profilkenndaten von der Weser

Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
1 W	AB5	Ut	1 L	G-P3	mSfs
2 W	G-AB3	mS	2 L	G-AB3	Sl
3 W	G-AB3	Ut	3 L	S3	Hn
4 W	G-AB3	Lt	4 L	YU3//G	Slu
5 W	AB4	Uls	5 L	G3	fSms
6 W	AB5	Tu	6 L	G-S3	Ls
7 W	AB5	Sl	7 L	S3	Lt
8 W	AB5	Ut	8 L	AB4	Ls
9 W	AB3	Uls	9 L	G-AB3	Sl
10 W	AB3	Uls	10 L	E3	mSfs
11 W	MNf4	Ut	11 L	MNf4	Ut
12 W	MRf4	Uls	12 L	MNb4	Tu
13 W	MRb4	Tu	13 L	MK2	Tu
14 W	MRb4	fSu	14 L	MK2	Tu
15 W	MR4	Tu	15 L	MK2	Tu
16 W	MR3	Ut	16 L	MN4	Ut
17 W	MR4	Uls	17 L	MK2	Tu
18 W	MN3	Uls	18 L	MK2	Ut
19 W	MN3	mSfs	19 L	MN3	Ls
20 W	MN3	Lu	20 L	MN4	Tu
21 W	AB4	Ut/Su	21 L	K-S4	Ut
22 W	AB5	Uls	22 L	K2	Uls
23 W	AB5	Ut	23 I	K3//S	Ut
24 W	AB3	Ut	24 L	B-N2	Tu
25 W	AB5	Ut	25 L	K4	Ut

4.2.5 Zusammenfassung Weser

Die wesentlichen Erkenntnisse, die im Zuge der Arbeiten zur Kennzeichnung der Stoffgehalte für Dioxine und dioxinähnliche PCB im Untersuchungsgebiet an der Weser gewonnen wurden, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Marschböden innerhalb des Überflutungsbereiches der Weser (Außendeich) sind durch Stoffkonzentrationen von ca. 10-25 ng/kg TE WHO gekennzeichnet.
- Marschböden außerhalb des Überflutungsbereiches der Weser (Binnendeich) sind durch Stoffkonzentrationen von ca. 2-5 ng/kg TE WHO gekennzeichnet.
- Diese Stoffgehalte bewegen sich deutlich unterhalb von Prüf- und Maßnahmewerten der Bundes-Bodenschutzverordnung (BUNDESREGIERUNG 1999, BUNDESTAG 1998).
- Für die Unterschiede der Schadstoffgehalte im Boden lassen sich kausal begründete Zusammenhänge anführen. Einträge über den Wasserpfad bedingen offensichtlich höhere Schadstoffgehalte als über den Luftpfad.
- Sowohl die Konzentrationsunterschiede als auch die aufgezeigten kausalen Zusammenhänge hinsichtlich der Stoffeinträge sind in den Untersuchungsgebieten an der Ems und der Weser vergleichbar.
- Die Erhebung der bodenkundlichen Merkmale hat sich für die Interpretation der Stoffgehaltsunterschiede als hilfreich erwiesen.

4.3 Söse

4.3.1 Belastungsniveau

Eine überschlägige Sichtung der ermittelten Schadstoffgehalte an der Söse ermöglicht Abbildung 11. Anhand der Abbildung lässt sich erkennen, dass die Bodenproben überwiegend durch sehr geringe Stoffgehalte in der Größenordnung von 1 bis 3 ng/kg (Summenparameter PCDD/F & dl-PCB n. WHO in TE) gekennzeichnet sind. Ein deutlicher Einfluss des Wasserpfades – höhere Stoffgehalte im Überflutungsbereich – ist für die Proben an der Söse nicht durchgängig zu erkennen. Der höchste Messwert, wenn auch auf geringem Niveau (ca. 7 ng/kg), ist jedoch auch hier an einem Standort ermittelt worden, der im aktuellen Überflutungsbereich der Söse gelegen ist.

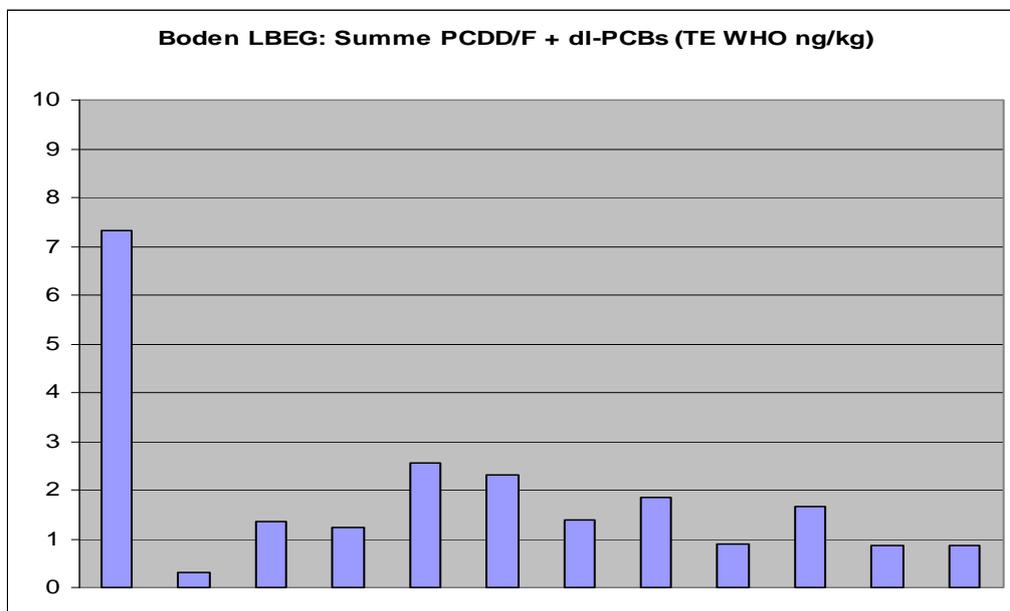


Abbildung 11: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Söse

Tabelle 6: Schadstoffgehalte in den Böden an der Söse

Bodenproben im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N= 8	1 ng/kg	3 ng/kg
Bodenproben außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N= 4	2 ng/kg	2 ng/kg

4.3.2 Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Söse

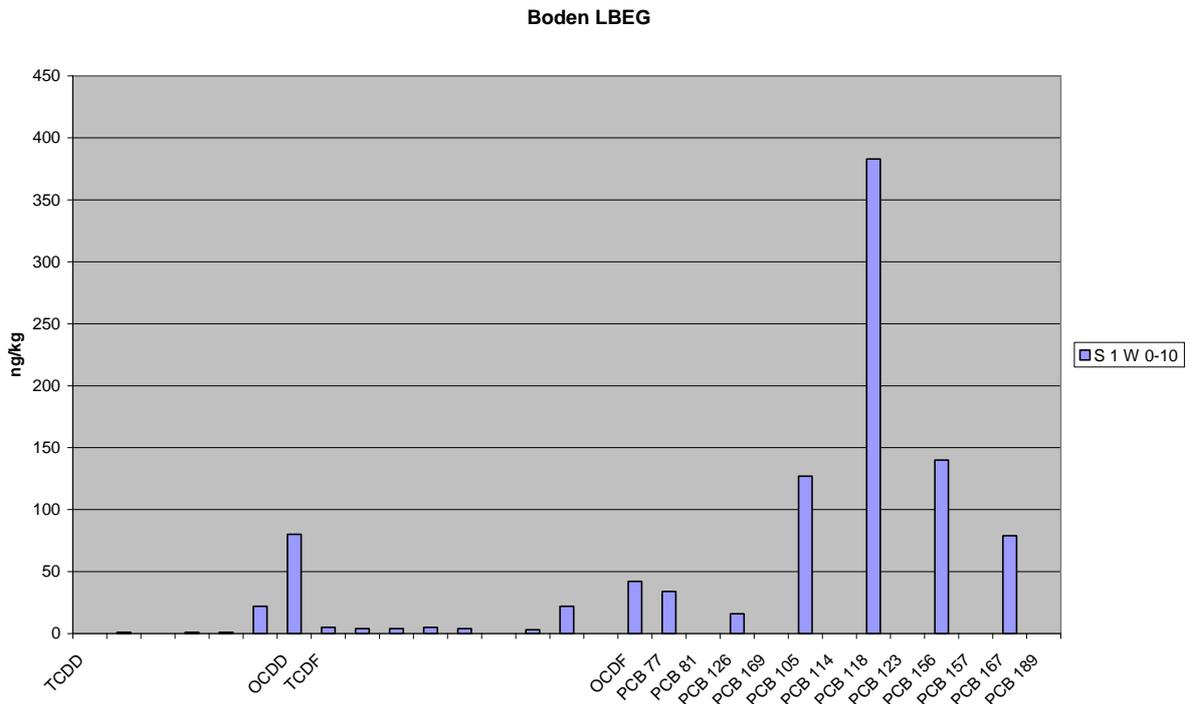


Abbildung 12: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überschwemmungsbereich der Söse

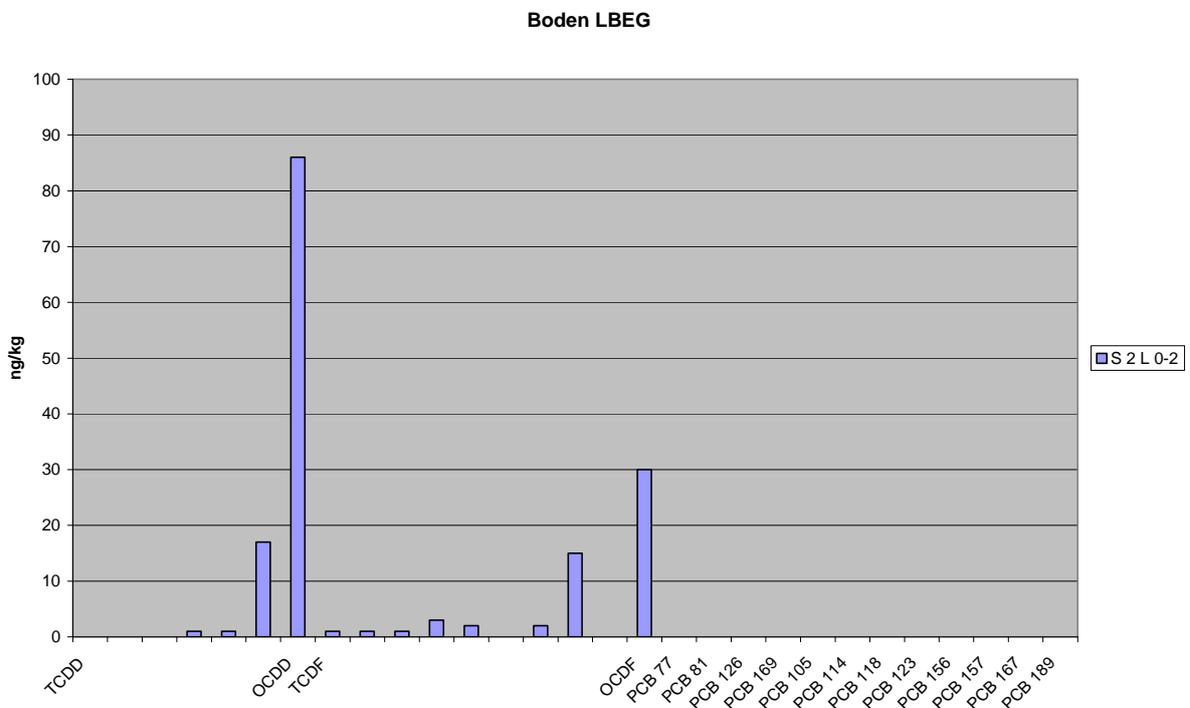


Abbildung 13: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Söse

Neben der Höhe der Summenparameter interessieren auch hier die absoluten Höhen der Einzelstoffverbindungen und deren Verteilung. Abbildung 12 repräsentiert ein typisches Muster für Dioxinkonzentrationen bzw. Konzentrationen mit dioxinähnlichen PCB, wie sie im aktuellen Überflutungsbereich der Söse festgestellt wurden. Das Schadstoffmuster ist von der Struktur z.B. vergleichbar zu den Mustern im Überschwemmungsbereich der Weser, wenn auch die Absolutgehalte gerade der octachlorierten Dioxin- und Furan-Gehalte an der Weser deutlich höher sind. Neben diesem Muster ist für die Untersuchungsstandorte an der Söse noch ein weiteres Muster (vgl. Abbildung 13) zu verzeichnen.

Das Schadstoffmuster in Abbildung 13 unterscheidet sich vor allem dadurch, dass hier keine dl-PCB nachgewiesen werden konnten. Es ist für Böden in niedersächsischen Flussauen nicht neu, da es bereits an der Weser (ebenfalls außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches) in vergleichbarer Weise nachgewiesen wurde. Vergleichbar zu den Untersuchungsbefunden an der Weser sind neben dem Muster, die Lage (außerhalb des Überflutungsbereiches), die Tiefendifferenzierung (sowohl in 0-2 cm als auch in 0-10 cm Tiefe) und die Summenparameter in Höhe von ca. 2 ng/kg.

4.3.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Die Bodenprofile im Überflutungsbereich der Söse sind als Auenböden (A*), als Gley-Auenböden (G-AB*) sowie als reine Gleye (G*) klassifiziert. Hinsichtlich der Humusgehalte unterscheiden sich die Böden an der Söse (sowohl innerhalb als auch außerhalb der aktuellen Überschwemmungsbereiche) nicht signifikant, da beide Probenkollektive mit Humusgehalten von ca. 2-4 Prozent gekennzeichnet sind. Eine bodenartenspezifische Interpretation der Untersuchungsbefunde ist bei den geringen Stoffgehalten kaum möglich.

Tabelle 7: Zusammenstellung ausgewählter Profilkenndaten von der Söse

Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
S1 W	G3	Slu			
S2 W	AB4	Uls	S2 L	B-Z2	Ut3
S3 W	G-AB3	Ut2			
S4 W	G-AB3	Ut3	S4 L	K/B3	Ut3

4.4 Hunte

4.4.1 Belastungsniveau

Eine überschlägige Sichtung der ermittelten Schadstoffgehalte an der Hunte ermöglicht Abbildung 14. Im Zuge der Beprobung der Böden an der Hunte wurden insgesamt 10 Standorte (5 Standorte im Überschwemmungsbereich und 5 Standorte außerhalb des Überschwemmungsbereiches) in Tiefen von 0 - 10 cm und 10 - 30 cm bzw. 0 - 2 cm und 2 - 10 cm beprobt und bodenkundlich kartiert.

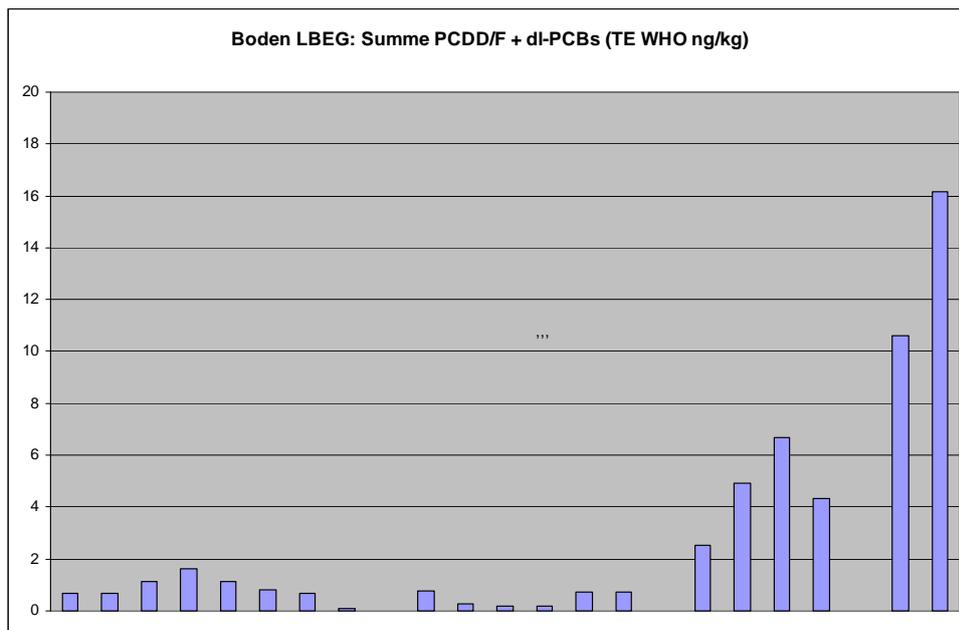


Abbildung 14: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet Hunte

Die für die Summenparameter PCDD/F & dl-PCB ermittelten Konzentrationen belaufen sich sowohl innerhalb des Überschwemmungsbereiches als auch außerhalb des Überschwemmungsbereiches nur auf ca. 2 ng/kg TE. Bei den gleichmäßig gering belasteten Standorten handelt es sich um Böden, die durch natürliche Sedimentationsbedingungen entstanden und durch mineralische Texturen geprägt sind. Die Proben, die in Abbildung 14 als erhöht belastete Proben in Erscheinung treten, werden in Kapitel 4.4.3 näher betrachtet.

Tabelle 8: Schadstoffgehalte der Böden an der Hunte

Bodenproben im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N= 10	1 ng/kg	3 ng/kg
Bodenproben außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N= 4	1 ng/kg	1 ng/kg

Bodenproben aufgeschüttet	
N=2	ca. 5 ng/kg
Bodenproben Niedermoor	
N=2	ca. 14 ng/kg

4.4.2 Exemplarisches Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Hunte

Neben der Höhe der Summenparameter als toxikologische Äquivalente interessieren auch die absoluten Höhen der Einzelstoffverbindungen für die untersuchten Bodenproben sowie deren Verteilung. Abbildung 15 repräsentiert ein typisches Muster für die Dioxine bzw. dioxinähnlichen PCB, wie sie für die Mehrzahl der Untersuchungsstandorte innerhalb und außerhalb des Überflutungsbereiches der Hunte festgestellt wurden. Das Muster ist insbesondere durch octachlorierte Dioxine, octachlorierte Furane und PCB 118 gekennzeichnet, wobei die absoluten Gehalte im Vergleich zu anderen niedersächsischen Untersuchungsstandorten nur ein sehr geringes Niveau aufweisen.

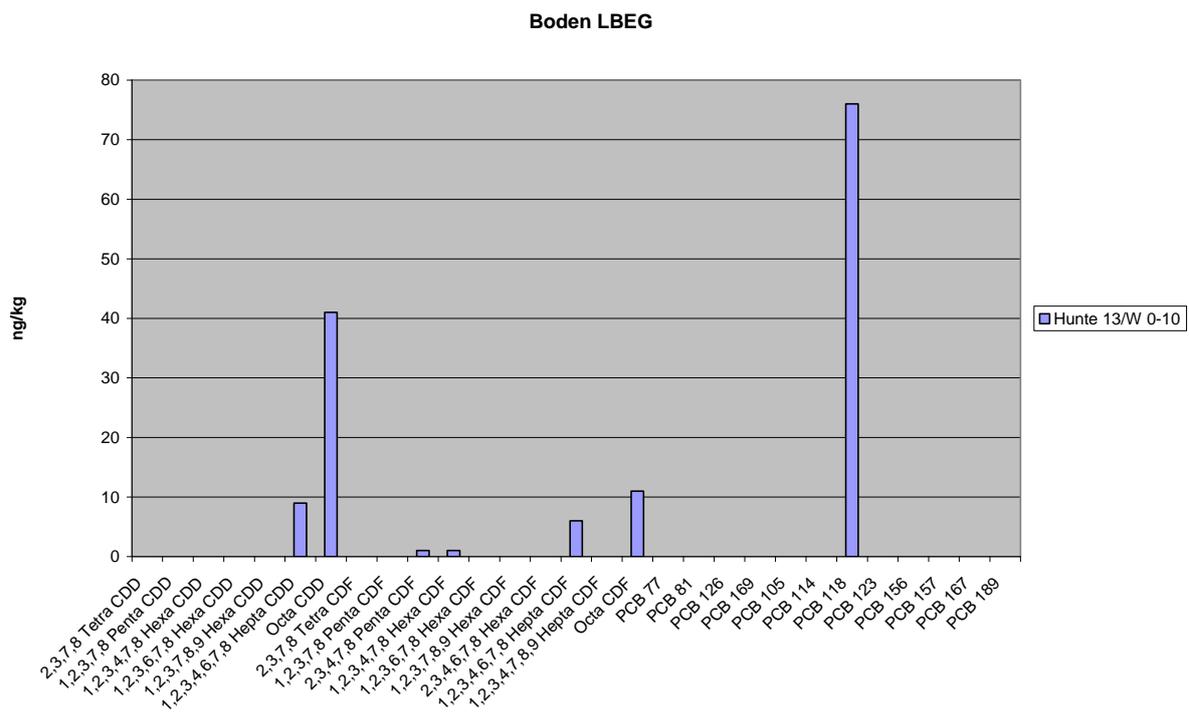


Abbildung 15: Exemplarisches Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Hunte

4.4.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Die Bodenprofile im Überflutungsbereich der Hunte sind im Überschwemmungsbereich als Gleye (G*) und Gley-Auenböden (G-AB) klassifiziert. Die geringen Stoffkonzentrationen korrespondieren mit dem Vorkommen sandiger Bodenarten, die durch das Einzugsgebiet

bedingt sind. Die relativ höchsten Gehalte sind im Überschwemmungsbereich für den Standort W 15 festgestellt worden, der durch tonig-schluffige Sedimente charakterisiert ist.

Die Geländebefunde für die Standorte außerhalb des Überschwemmungsbereiches lassen sich mehr oder weniger zweiteilen. L 11, L 12 und L 14 bilden eine Teilmenge sandiger z.T. schwach schluffiger Untersuchungsstandorte in der Geest. L 13 und L 15 repräsentieren die Gruppe der Sonderstandorte oder Standorte mit Auffälligkeiten. Sie wurden gesondert betrachtet, da dies u.a. hinsichtlich der Summenparameter PCDD/F & dl-PCB die auffälligen Standorte sind. Mit Hilfe der bodenkundlichen Profilbeschreibungen wird deutlich, dass es sich am Standort L 13 um ein anthropogen verändertes Bodenprofil handelt. Das als Regosol klassifizierte Profil (carbonatfreies Silikatlockergestein > 3 dm Mächtigkeit) am Übergang zur Delmenhorster Marsch ist durch aufgetragenen Sand und das Vorkommen ortsfremder Grobmaterialien (Steine) gekennzeichnet. Der Nachweis des anthropogenen Einflusses und die Existenz ortsfremder Materialien liefern einen plausiblen Erklärungsansatz für den relativ auffälligen Laborbefund.

Tabelle 9: Zusammenstellung ausgewählter Profilkenndaten von der Hunte

Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
W 11	G-AB3	Sl4	L 11	G-P3	fSms
W 12	G3	mSfs	L 12	P3	mSfs
W 13	G-AB3	fSms	L 14	G4	Su2
W 14	G4	fSms			
W 15	G3	Tu3			
Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, mit Auffälligkeiten					
L 13	Q4	mSfs			
L 15	Hn4	Hn			

An Hand der bodenkundlichen Profilbeschreibung sowie der begleitend erhobenen Analysedaten für Standort L 15 ist darüber hinaus nachvollziehbar, dass es sich hier um einen (Nieder)Moorstandort handelt. Als Beleg dienen neben der Profilbeschreibung auch die festgestellten Labordaten. Der Torf des Niedermoorstandortes liefert eine Erklärung für die (im Vergleich zu den klastischen Sedimenten) erhöhten Messwerte, da sich die Sorptionsplätze z.B. im Vergleich Ton zu Humus um Faktor 3-5 erhöhen. Für einen sachgerechten Vergleich der Stoffgehalte untereinander ist eigentlich eine volumenbezogene Umrechnung und eine Betrachtung der Vorräte notwendig, da nur so die geringen Lagerungsdichten der Moore gegenüber den Lagerungsdichten terrestrischer Böden (bis zu Faktor 5) berücksichtigt und die vermeintlich großen Stoffgehaltsunterschiede ein Stück weit nivelliert werden können.

4.5 Fuhse

4.5.1 Belastungsniveau

Eine überschlägige Sichtung der ermittelten Schadstoffgehalte an der Fuhse ermöglicht Abbildung 16. Die Sichtung der an der Fuhse ermittelten Dioxin und dioxinähnlichen-PCB-Gehalte (2 Standorte Außendeich mit je 2 Probenahmetiefen, 2 Standorte Binnendeich mit je 2 Probenahmetiefen) zeigt eine klare Zweiteilung. Während ein Teilkollektiv mit 2-4 ng/kg sehr niedrige Stoffgehalte aufweist, erreichen die Stoffgehalte in dem anderen Teilkollektiv Konzentrationen von ca. 15 ng/kg. Diese Unterschiede sind an der Fuhse durch die Lage der Untersuchungspunkte innerhalb bzw. außerhalb des Überflutungsbereiches bedingt. Die Ergebnisse bestätigen auch hier den Sachverhalt, dass Böden im Überflutungsbereich, welche über den Wasserpfad beaufschlagt werden, i.d.R. höhere Stoffkonzentrationen aufweisen, als Böden außerhalb des Überflutungsbereiches, die i.d.R. lediglich über den Luftpfad beaufschlagt werden.

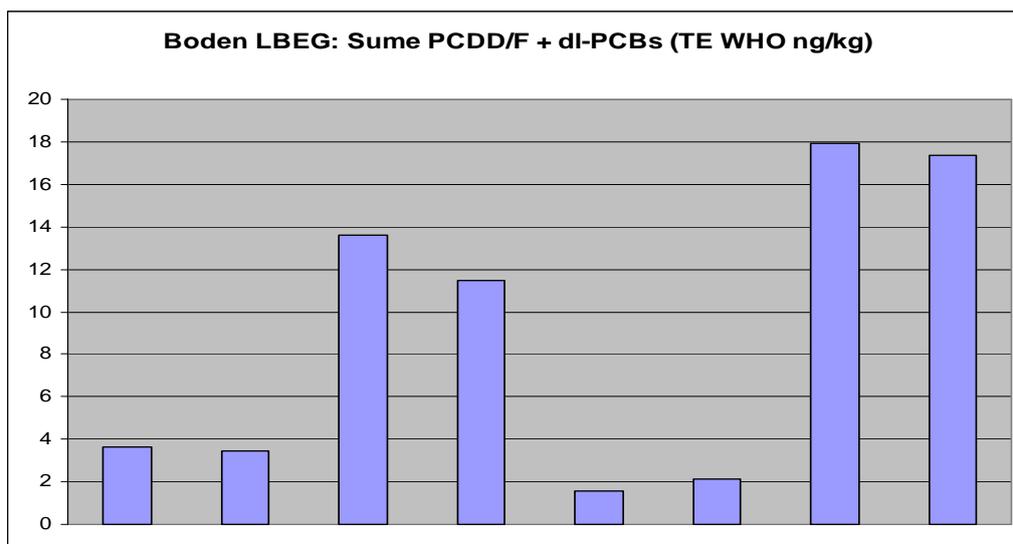


Abbildung 16: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Fuhse

Tabelle 10: Schadstoffgehalte der Böden an der Fuhse

Bodenproben im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N= 4	15 ng/kg	18 ng/kg
Bodenproben außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N= 4	3 ng/kg	4 ng/kg

4.5.2 Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Fuhse

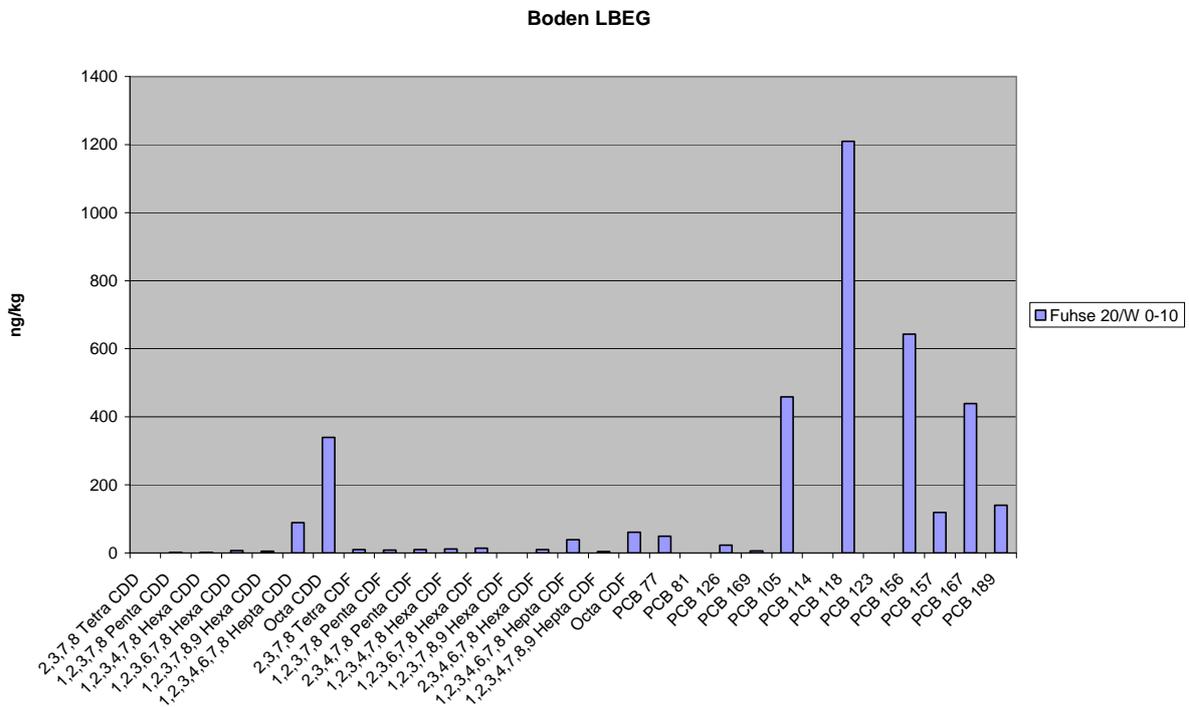


Abbildung 17: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Fuhse

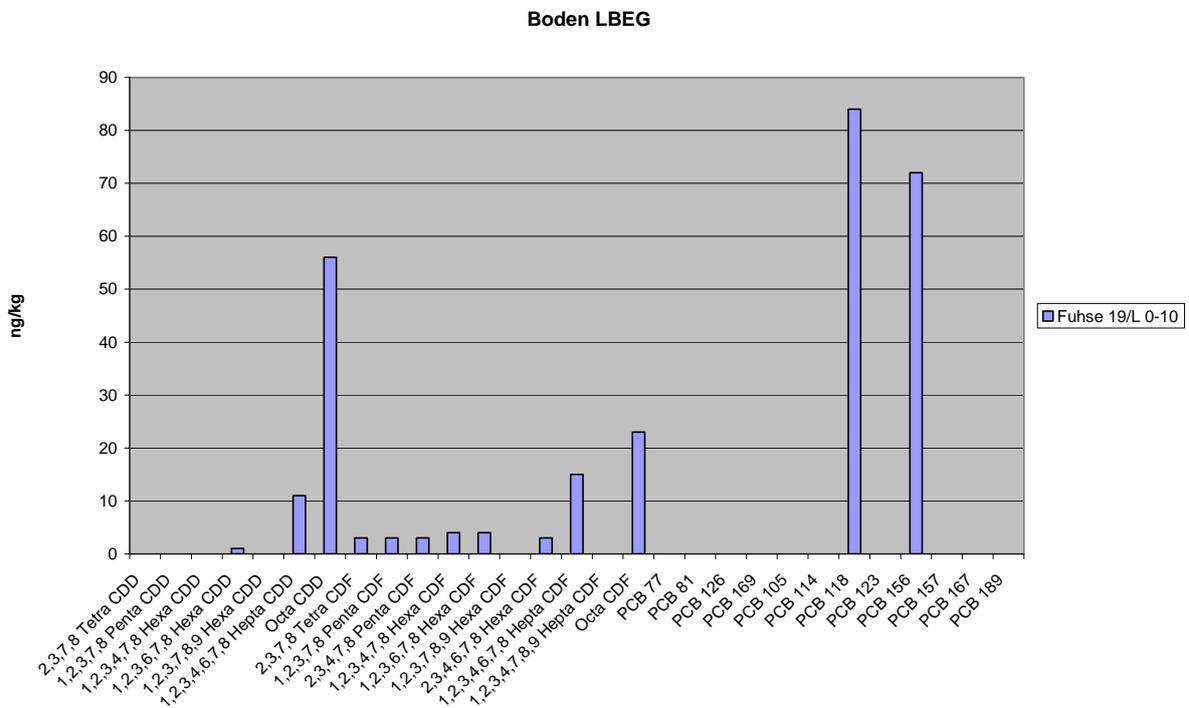


Abbildung 18: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Fuhse

Neben der Höhe der Summenparameter als toxikologische Äquivalente interessieren auch die absoluten Höhen der Einzelstoffverbindungen für die untersuchten Bodenproben sowie deren Verteilung. Abbildung 17 und Abbildung 18 repräsentieren typische Muster für die Dioxine bzw. dioxinähnlichen PCB, wie sie für die Mehrzahl der Untersuchungsstandorte innerhalb und außerhalb des Überflutungsbereiches der Fuhse festgestellt wurden. Die Schadstoffmuster an der Fuhse sind generell durch die Dominanz octachlorierter Dioxine, octachlorierter Furane und PCB 118 gekennzeichnet. Die Proben unterscheiden sich vor allem dadurch, dass innerhalb des Überflutungsbereiches die Anteile von dl-PCB deutlich (um bis zu Faktor 10) höher sind, als außerhalb des Überflutungsbereiches.

4.5.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Die relativ höchsten Stoffgehalte wurden im Überschwemmungsbereich der Fuhse für Gleye (G*) und Niedermoore (HN) festgestellt. Für den Moorstandort gelten die bereits an der Hunte erläuterten fachlichen Zusammenhänge - das Vorhandensein von Torf, die damit existierenden Sorptionsplätze sowie die Notwendigkeit der Berücksichtigung der Lagerungsdichten und volumenbezogener Aussagen für eine direkt vergleichende Bewertung der Ergebnisse.

Tabelle 11: Zusammenstellung ausgewählter Profilkenndaten von der Fuhse

Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
W 19	HN4	Hn	L 19	Q3	Uls
W 20	G3	Sl4	L 20	G-AB3	Slu

4.6 Oker

4.6.1 Belastungsniveau

Eine überschlägige Sichtung der ermittelten Schadstoffgehalte an der Oker (2 Standorte Außendeich mit je 2 Probenahmetiefen, 2 Standorte Binnendeich mit je 2 Probenahmetiefen) ermöglicht Abbildung 19. Wie bereits an der Fuhse, so zeigt die Sichtung der an der Oker ermittelten Dioxin- und dl-PCB-Gehalte auch hier eine Zweiteilung des Probenkollektivs. Zum einen die außerhalb des Überschwemmungsbereiches der Oker entnommenen Proben, die mit Stoffgehalten von ca. 5 ng/kg gekennzeichnet sind. Zum anderen Proben, die mit Stoffgehalten von ca. 30 ng/kg deutlich höhere Stoffgehalte aufweisen. Eine Zuordnung hinsichtlich der Lage dieser Beprobungspunkte zeigt, dass die erhöhten Stoffkonzentrationen innerhalb des Überflutungsbereiches der Oker ermittelt wurden. Sie beschränken sich jedoch auf eine Tiefe von 0-10 cm. Die vertikal darunter (in einer Tiefe von 10-30 cm) entnommenen Proben zeigen bereits wieder Stoffkonzentrationen in der Größenordnung von ca. 5 ng/kg.

Boden LBEG: Summe PCDD/F + dl-PCBs (TE WHO ng/kg)

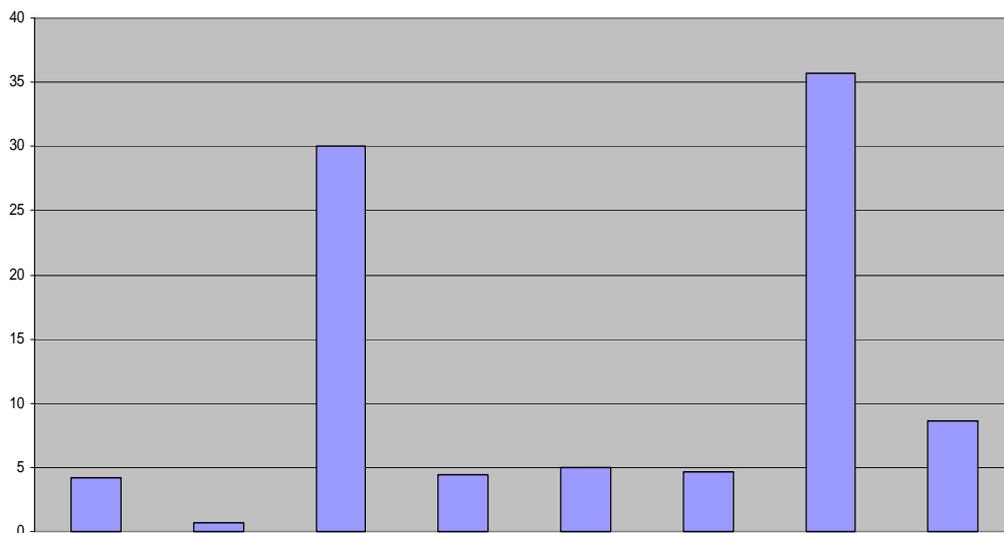


Abbildung 19: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Oker

Tabelle 12: Schadstoffgehalte der Böden an der Oker

Bodenproben im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N= 4	19 ng/kg	34 ng/kg
Bodenproben außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N= 4	4 ng/kg	5 ng/kg

4.6.2 Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Oker

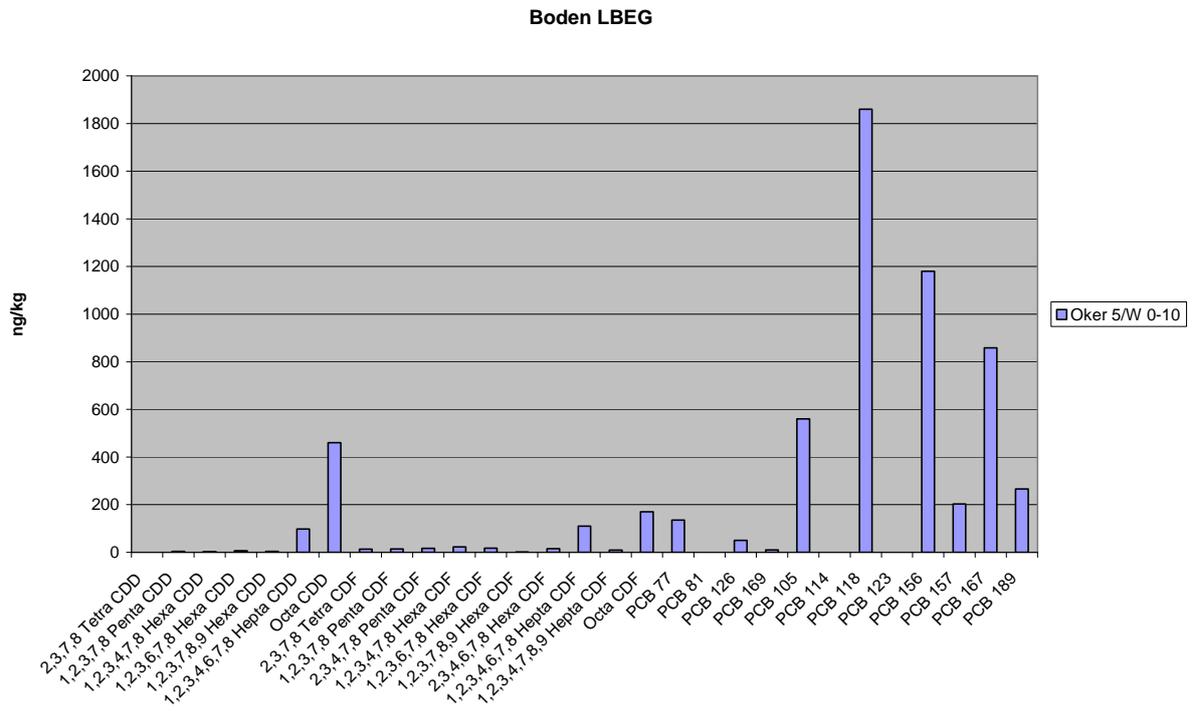


Abbildung 20: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Oker

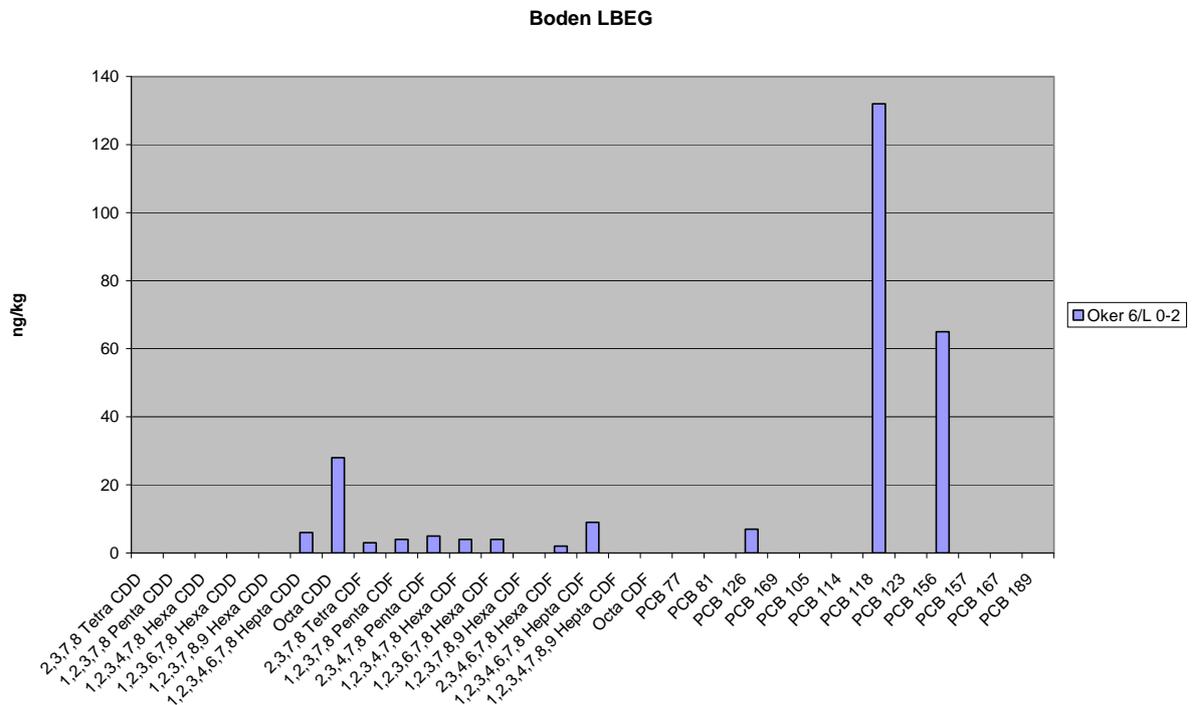


Abbildung 21: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Oker

Obwohl die Summerparameter der Dioxin-/Furan- und dl-PCB-Gehalte sich relativ deutlich unterscheiden, die Konzentrationen der Einzelstoffverbindungen -innerhalb und außerhalb des aktuellen Überschwemmungsbereiches- differieren um ca. Faktor 10, ist das Muster der Schadstoffe ähnlich.

Beide dargestellten Kongenerenprofile (Abbildung 20 & Abbildung 21) zeigen relativ viel OCDD für die Dioxine und die Dominanz von PCB 118 für die dioxinähnlichen PCB. Bei den Proben aus dem Überschwemmungsbereich sind neben PCB 118 auch noch PCB 105, PCB 156, PCB 157, PCB 167 und/oder PCB 189 in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen, während sich dies bei den Proben, die außerhalb des Überflutungsbereiches gelegen sind, im wesentlichen auf PCB 118 und PCB 156 beschränkt.

4.6.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Die Bodenprofile im Überschwemmungsbereich der Oker sind als Gleye (G*, AB-G) klassifiziert. Die bisher nahezu gleichlautenden Befunde des Zusammentreffens von sandigen Bodenarten und relativ geringen Stoffgehalten kann durch die Untersuchungsergebnisse an der Oker nicht so eindeutig gestützt werden, da sowohl die sandigen als auch die lehmig-schluffigen Bodenarten im Überflutungsbereich die höchsten Stoffgehalte aufweisen.

Gerade an Hand dieser Ergebnisse erscheint jedoch der Hinweis auf den Einfluss der Humusgehalte und der damit verbundenen Sorptionsplätze relevant. Die relativ höchsten Gehalte sind für das Probenkollektiv im Überflutungsbereich der Oker an die stark humushaltigen bis anmoorigen Proben und die flachen Untersuchungstiefen (0 -10 cm) gekoppelt. Die direkt darunter gelegenen Proben (10-30 cm Tiefe), die mit identischen Bodenarten, jedoch deutlich geringeren Humusgehalten gekennzeichnet sind, weisen bereits deutlich geringere Stoffgehalte auf.

Tabelle 13: Zusammenstellung ausgewählter Profilkennndaten von der Oker

Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
W 5	G4	fSms	L 5	YU3	fSms
W 6	AB-G4	Lu	L 6	R2	Ls3

4.7 Aller

4.7.1 Belastungsniveau

Eine überschlägige Sichtung der ermittelten Schadstoffgehalte an der Aller ermöglicht Abbildung 22. Im Zuge der Beprobung der Böden an der Aller wurden insgesamt 8 Standorte (4 Standorte im Überschwemmungsbereich und 4 Standorte außerhalb des Überschwemmungsbereiches) beprobt und bodenkundlich kartiert. Die für die Summenparameter PCDD/F & dl-PCB ermittelten Konzentrationen belaufen sich außerhalb des Überschwemmungsbereiches auf < 5 ng/kg. Innerhalb des Überschwemmungsbereiches sind diese deutlich höher, mit einem Spitzenwert von ca. 20 ng/kg.

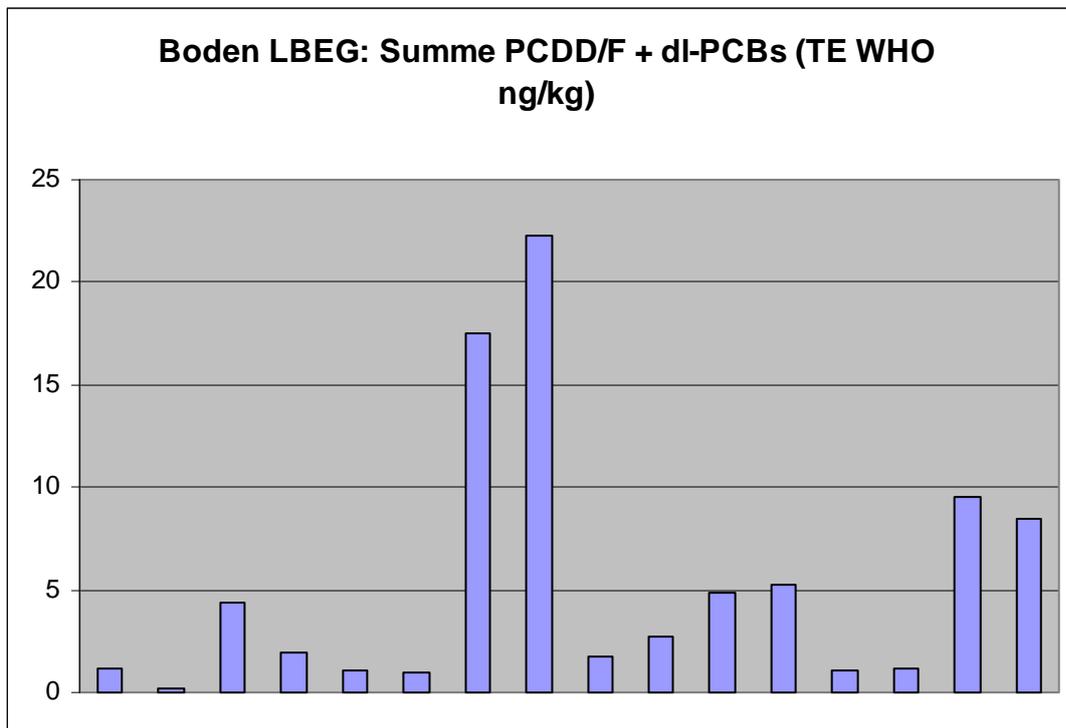


Abbildung 22: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet Aller

Tabelle 14: Schadstoffgehalte der Böden an der Aller

Bodenproben im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N= 4	7 ng/kg	19 ng/kg
Bodenproben außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N= 4	1 ng/kg	2 ng/kg

4.7.2 Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Aller

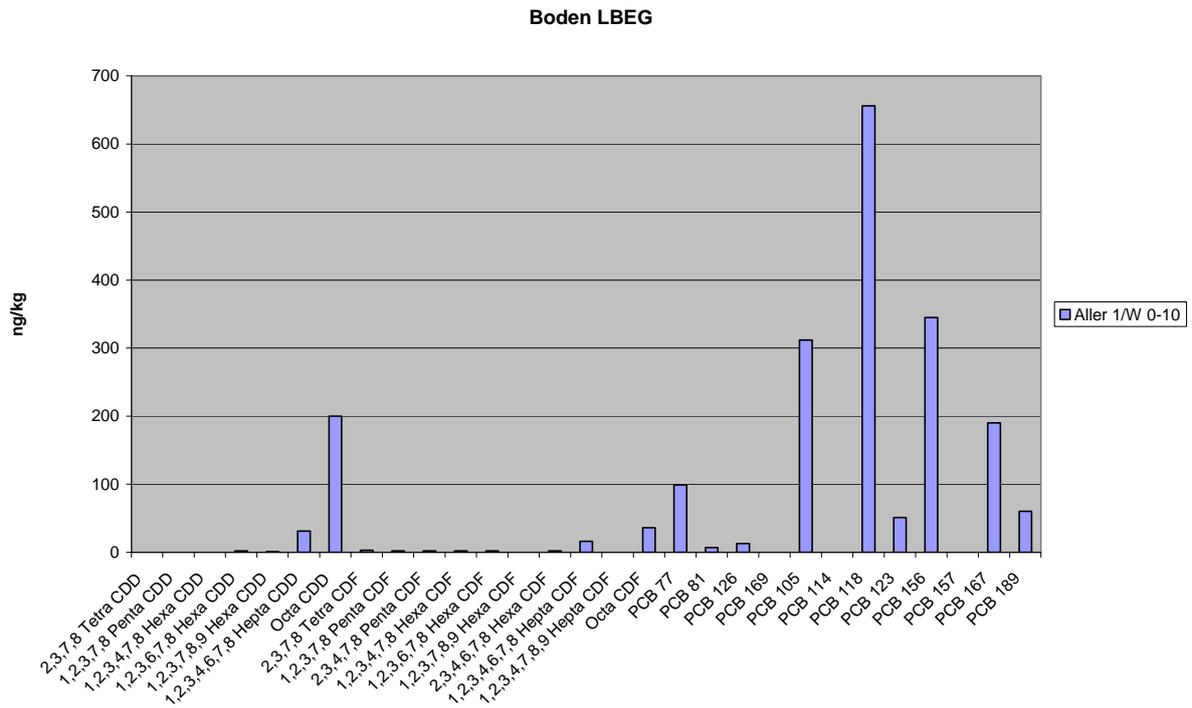


Abbildung 23: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Aller

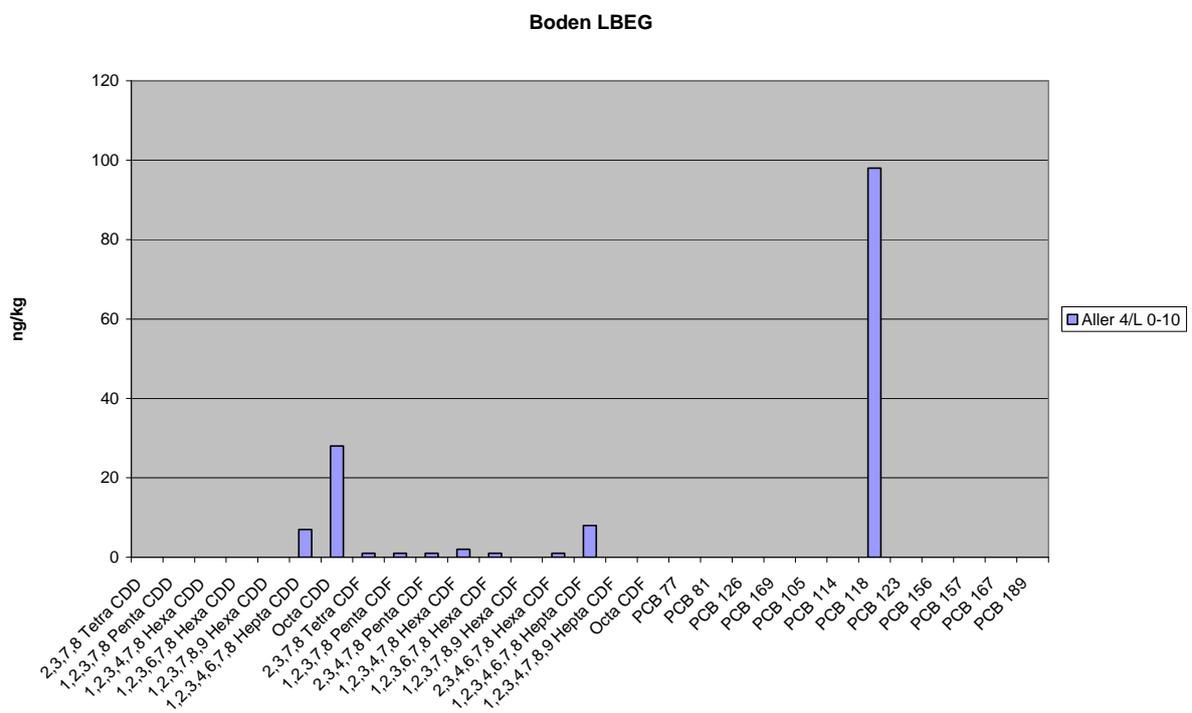


Abbildung 24: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Aller

Die Schadstoffmuster der Proben im Überflutungsbereich der Aller zeigen das nahezu gewohnte Bild - mit einem deutlich erkennbaren Peak octachlorierter Dioxine, octachlorierter Furane und der Dominanz von PCB118. Das Muster der untersuchten Standorte unterscheidet sich für die Proben aus dem Überflutungsbereich der Aller nur marginal. Was sich sehr wohl unterscheidet sind die absoluten Größenordnungen der Einzelverbindungen.

Die Schadstoffmuster außerhalb des Überflutungsbereiches unterscheiden sich von denen im Überflutungsbereich u.a. dadurch, dass die im Überflutungsbereich neben PCB118 in Erscheinung getretenen dl-PCB (PCB105, PCB123, PCB156 & PCB167) hier nahezu komplett fehlen.

4.7.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Die Profilkenndaten an der Aller weisen im Überschwemmungsbereich Gleye (*G*) und Auenböden (G-AB*) aus sandig-lehmigen und lehmig-schluffigen Bodenarten auf. Die ermittelten Tongehaltsunterschiede liefern zunächst keinen schlüssigen Erklärungsansatz für die erhöhten Stoffkonzentrationen an Standort W 2. Die bei den Profilen im Überschwemmungsbereich ermittelten höheren Humusgehalte taugen als Erklärung für die tendenziell höheren Stoffkonzentrationen im Überflutungsbereich der Aller. Eine schlüssige Erklärung für den Schadstoffpeak bei Profil W2 ist dies jedoch nicht.

Die geringeren Stoffkonzentrationen für die Standorte L 1 – L 4 (vgl. Tabelle 14: Schadstoffgehalte der Böden an der Aller) sind eher auf ihre Lage (außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches), als auf die sandigen Bodenarten zurückzuführen.

Tabelle 15: Zusammenstellung ausgewählter Profilkenndaten von der Aller

Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
W 1	G-AB4	SI3	L 1	P3	mSfs
W 2	G4	SI2	L 2	P-B3	fSms
W 3	AB-G4	SI4	L 3	YU3//P	fSms
W 4	AB-G4	Lu	L 4	P-G4	fSms

4.8 Innerste

4.8.1 Belastungsniveau

Eine überschlägige Sichtung der ermittelten Schadstoffgehalte an der Innerste ermöglicht Abbildung 25. Im Zuge der Beprobung der Böden an der Innerste wurden insgesamt 6 Standorte (3 Standorte im Überschwemmungsbereich und 3 Standorte außerhalb des Überschwemmungsbereiches) beprobt und bodenkundlich kartiert. Die für die Summenparameter PCDD/F & dl-PCB ermittelten Konzentrationen belaufen sich außerhalb des Überschwemmungsbereiches auf ca. 5 ng/kg, innerhalb des Überschwemmungsbereiches auf bis zu ca. 15 ng/kg.

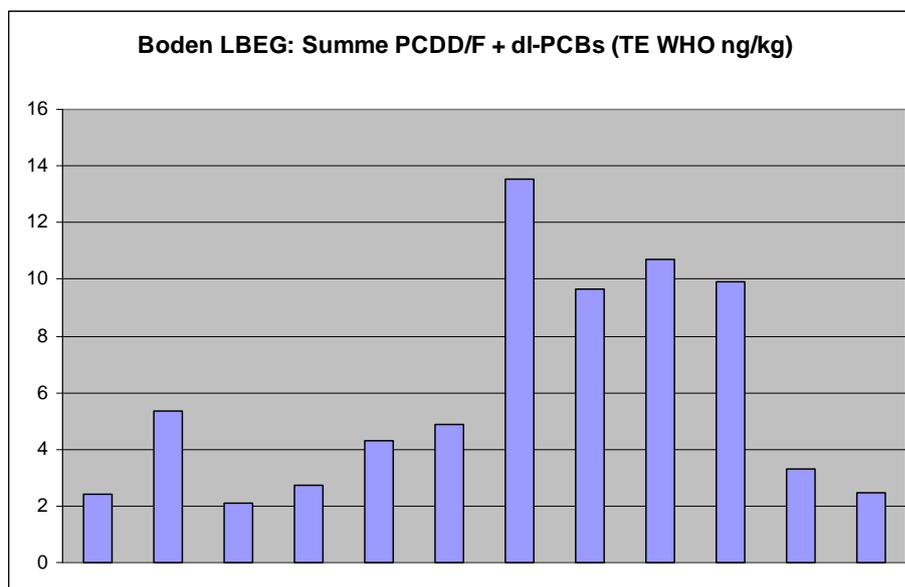


Abbildung 25: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Innerste

Tabelle 16: Schadstoffgehalte der Böden an der Innerste

Bodenproben im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N= 6	3ng/kg	12 ng/kg
Bodenproben außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N= 4	5 ng/kg	5 ng/kg

4.8.2 Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Innerste

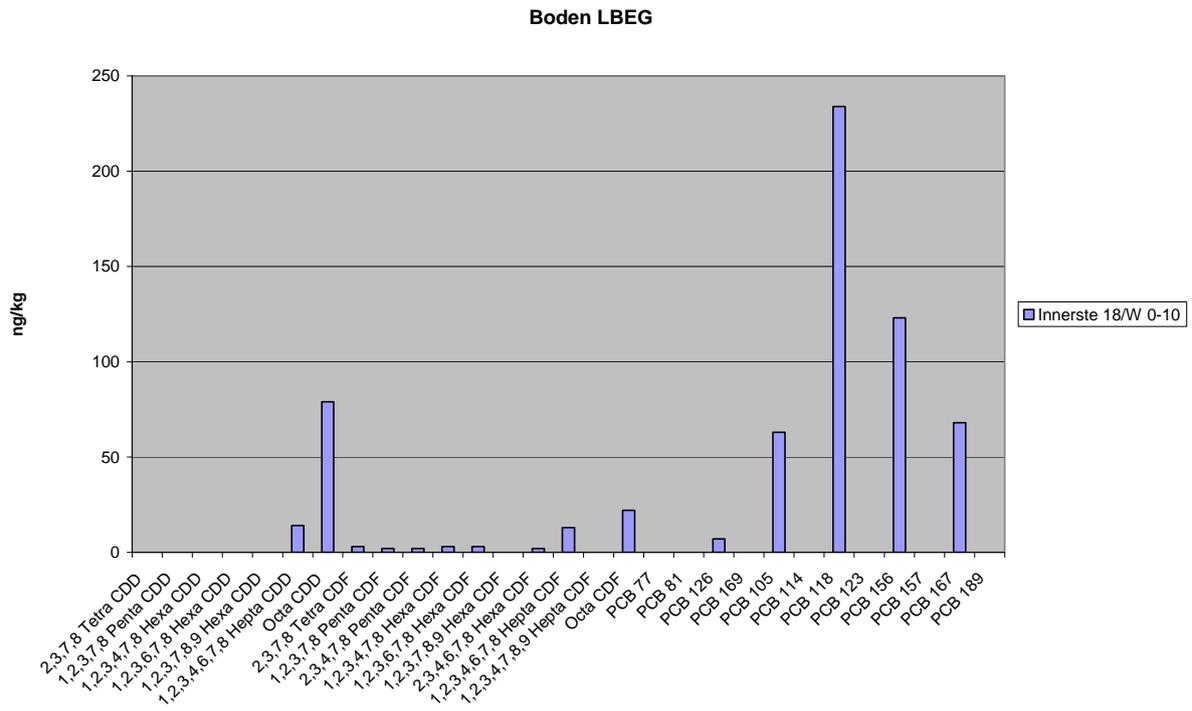


Abbildung 26: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Innerste

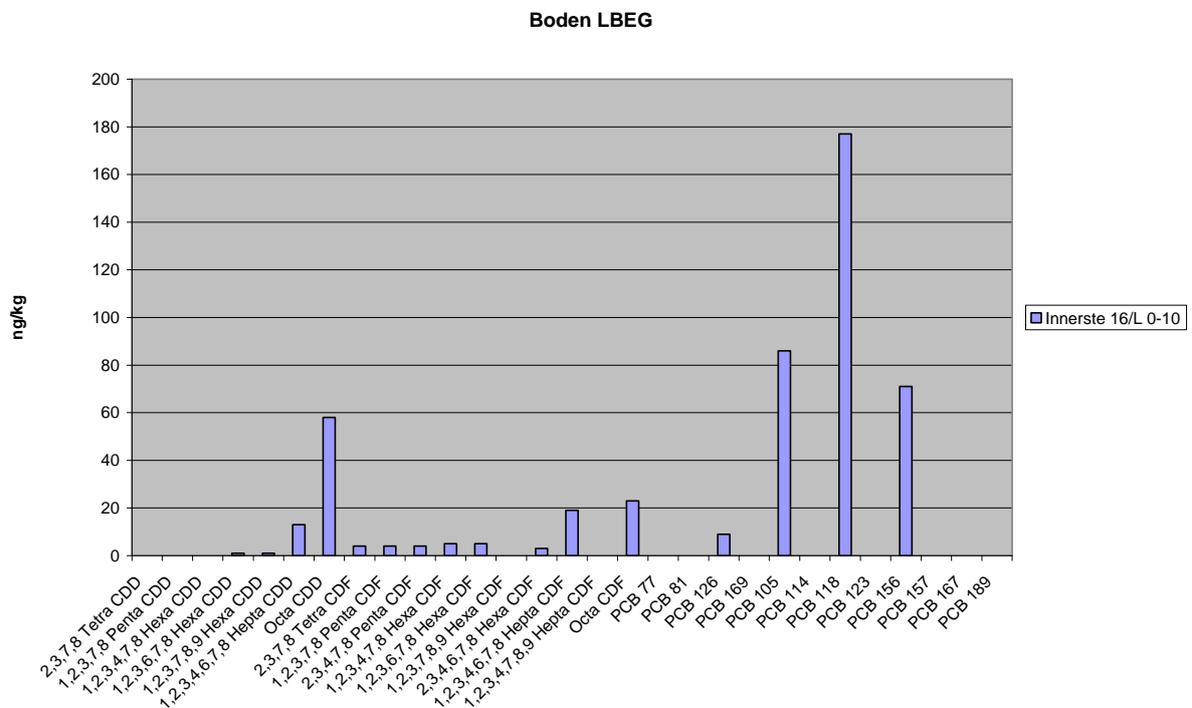


Abbildung 27: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Innerste

Die Schadstoffmuster der Proben im Überflutungsbereich der Innerste zeigen das nahezu gewohnte Bild - mit einem deutlich erkennbaren Peak octachlorierter Dioxine, octachlorierter Furane und der Dominanz von PCB118. Das Muster und die Belastungshöhe der untersuchten Standorte unterscheidet sich nicht wesentlich, obwohl die Proben sowohl im Außendeichbereich als auch im Binnendeichbereich entnommen wurden. Das vergleichbare Muster und auch die relativ gleichmäßige Belastung deuten darauf hin, dass auch die außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches gelegenen Standorte (in früherer Zeit) überflutet und mit Stoffeinträgen über den Wasserpfad beaufschlagt wurden.

4.8.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Die während der Probenahme erhobenen Profilkenndaten an der Innerste weisen die Böden innerhalb und außerhalb des Überschwemmungsbereiches als Gleye (G*), Gley-Auenböden (G-AB*) und Auenböden (AB*) aus sandig-schluffigen und schluffig-tonigen Sedimenten aus.

Anhand der bodenkundlichen Klassifikation bzw. der zu Grunde liegenden bodenkundlichen Merkmale kann, die vor dem Hintergrund der Analysedaten formulierte These zur Genese der Untersuchungsstandorte, gestützt werden.

Die ermittelten Humusgehalte können vor allem für Standort 18 L als Erklärung für die vermeintlich höheren Stoffkonzentrationen herangezogen werden. Hier sind gemäß der Analysedaten bis zu 30% organische Substanz nachgewiesen, was eine Erklärung für den Schadstoffpeak bei Profil 18 L liefert. Für einen realistischen Vergleich der Schadstoffgehalte untereinander ist damit auch hier die Notwendigkeit der Berücksichtigung der Lagerungsdichten und volumenbezogener Aussagen notwendig.

Tabelle 17: Zusammenstellung ausgewählter Profilkenndaten von der Innerste

Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
16 W	AB4	Ut3	16 L	G-AB3	Ut3
17 W	G2	Su3	17 L	G-AB3	Uls
18 W	AB4	Slu	18 L	G4	Ut4

4.9 Leine

4.9.1 Belastungsniveau

Eine überschlägige Sichtung der ermittelten Schadstoffgehalte an der Leine ermöglicht Abbildung 23. Im Zuge der Beprobung der Böden an der Leine wurden ebenfalls 8 Standorte (4 Standorte im Überschwemmungsbereich und 4 Standorte außerhalb des Überschwemmungsbereiches) beprobt und bodenkundlich kartiert. Die für die Summenparameter PCDD/F & dl-PCB ermittelten Konzentrationen belaufen sich außerhalb des Überschwemmungsbereiches auf ca. 2 ng/kg TE und innerhalb des Überschwemmungsbereiches auf ca. 15 ng/kg.

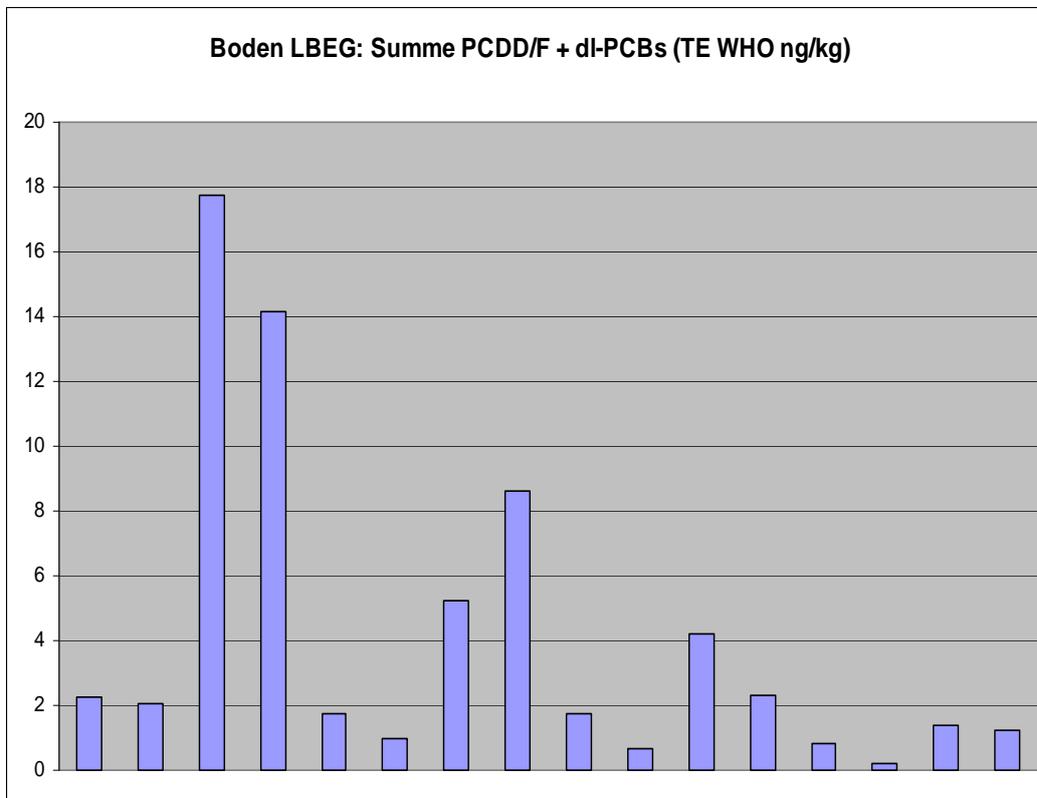


Abbildung 28: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet der Leine

Tabelle 18: Schadstoffgehalte der Böden an der Leine

Bodenproben im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N= 4	5 ng/kg	15 ng/kg
Bodenproben außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N= 4	1 ng/kg	2 ng/kg

4.9.2 Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Leine

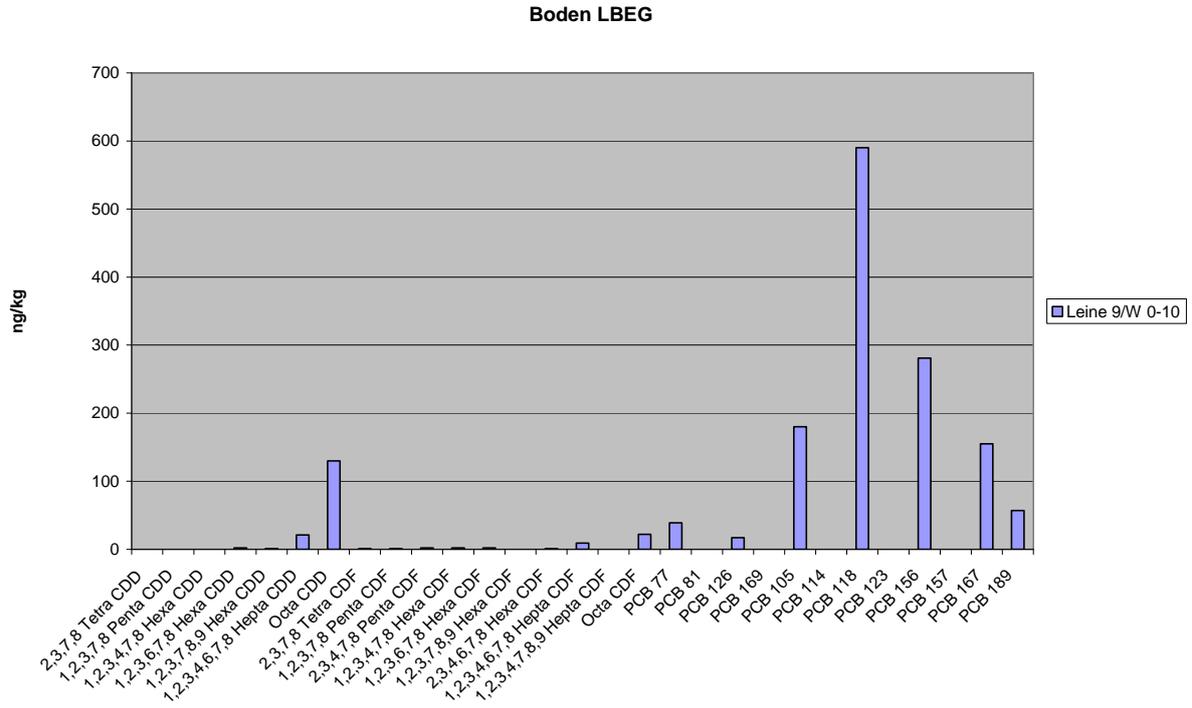


Abbildung 29: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Leine

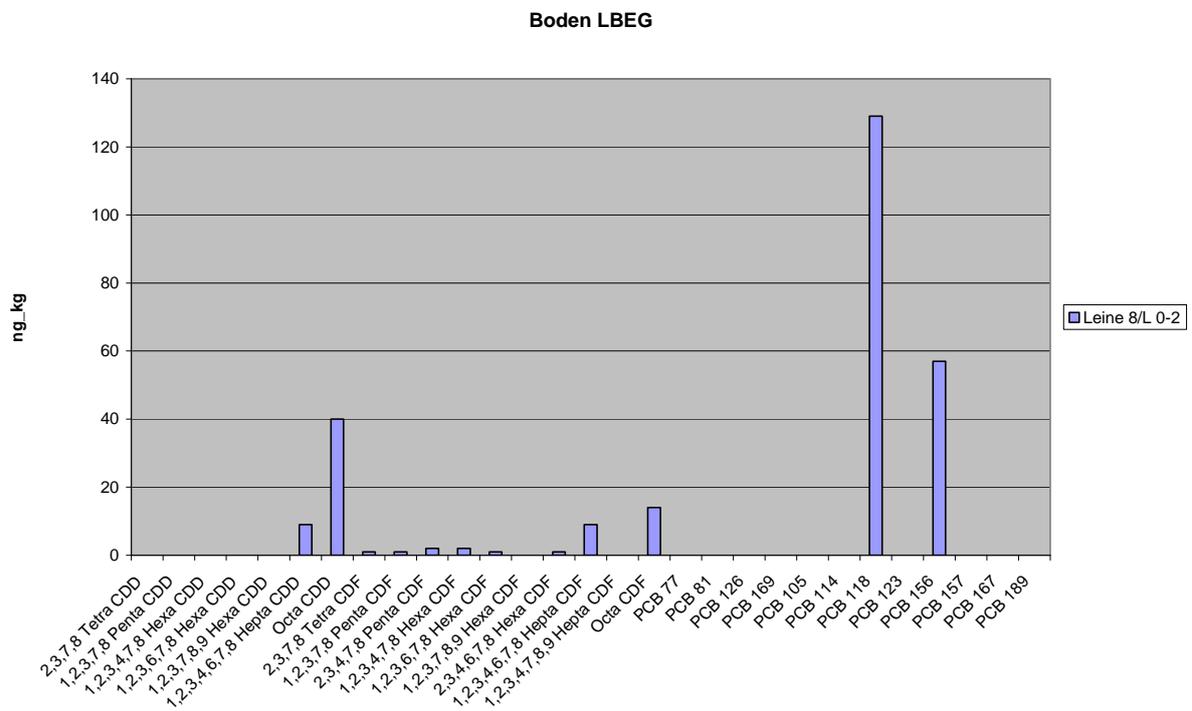


Abbildung 30: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Leine

Die Schadstoffmuster der Proben im Überflutungsbereich der Leine zeigen ein vergleichbares Bild zu den Proben an der Aller und den meisten anderen niedersächsischen Flüssen. Sie sind charakterisiert durch einen deutlich erkennbaren Peak octachlorierter Dioxine, octachlorierter Furane und die Dominanz von PCB118. Sind die Muster auch vergleichbar, so unterscheiden sich die Proben hinsichtlich der Größenordnung der Einzelkongenere deutlich, da diese (in unterschiedlichen Probenahmetiefen) von ca. 100 bis ca. 3500 ng/kg variieren.

Die Variationen der Größenordnungen der Einzelkongenere sind außerhalb des Überflutungsbereiches der Leine deutlich geringer. Das Muster ist auch hier nahezu identisch (gilt für drei von vier Proben). Die Dioxine sind geprägt durch Octa CDD und 1,2,3,4,6,7,8 Hepta CDD, die Furane durch Octa CDF und 1,2,3,4,6,7,8 Hepta CDF, die dioxinähnlichen PCB durch PCB 118. Bei Standort L 7 entfallen die dioxinähnlichen PCB gänzlich.

4.9.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Die Profilkenndaten des Probenkollektivs der Leine kennzeichnen die beprobten Standorte im Überschwemmungsbereich der Leine als Auenböden (AB*) und grundwasserbeeinflusste Auenböden (G-AB*). Die Variation der Stoffgehalte kann für das Probenkollektiv an der Leine nicht abschließend unter Verweis auf die Bodentypen, Bodenarten und ermittelten Humusgehalte erklärt werden. Die Lage der Standorte zum Fluss, die Exposition zum aktuellen Überflutungsgeschehen, die Erosion bzw. Akkumulation von Sedimenten wird durch die bodenkundliche Klassifikation nicht oder nur unzureichend abgebildet.

Tabelle 19: Zusammenstellung ausgewählter Profilkenndaten von der Leine

Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
W 7	AB4	SI3	L 7	E3	mSfs
W 8	G-AB4	SI2	L 8	B3	fSms
W 9	G-AB4	SI4	L 9	B-Z3	fSms
W 10	AB4	Lu	L 10	K3	fSms

4.10 Elbe

4.10.1 Belastungsniveau

Bereits die überschlägige Sichtung der an der Elbe ermittelten Schadstoffgehalte verdeutlicht die Sonderstellung, welche in Niedersachsen der Überflutungsbereich der Elbe im Kontext mit Schadstoffbelastungen im Allgemeinen und im Zusammenhang mit organischer Schadstoffbelastung der Böden im Besonderen einnimmt. Summenparameter für PCDD/F & dl-PCB dargestellt als Toxizitätsäquivalent in der Größenordnung von mehreren 100 bis zu mehr als 3000 ng/kg, können bzw. müssen nur hier verzeichnet werden.

Die Ursachen für die Schadstoffbelastungen in den Böden der Elbaue sind in industriellen Aktivitäten und damit verbundenen Abwassereinleitungen in Tschechien und im Raum Bitterfeld/Wolfen anzusehen.

Für Niedersachsen steht die Problematik der Bodenbelastung durch Dioxine im Überschwemmungsbereich der Elbe spätestens seit Anfang der 1990er Jahre im Fokus. Seit spätestens dieser Zeit liegen Erhebungen zu organischen Schadstoffen für die Elbaue vor, die im Zuge spezieller Untersuchungsprogramme unter Regie des Landes erarbeitet wurden (SCHULZ et al 1993, SEVERIN et al 2003). In dieser Kontinuität sind auch die nun erhobenen Summenparameter PCDD/F & dl-PCB erhoben worden.

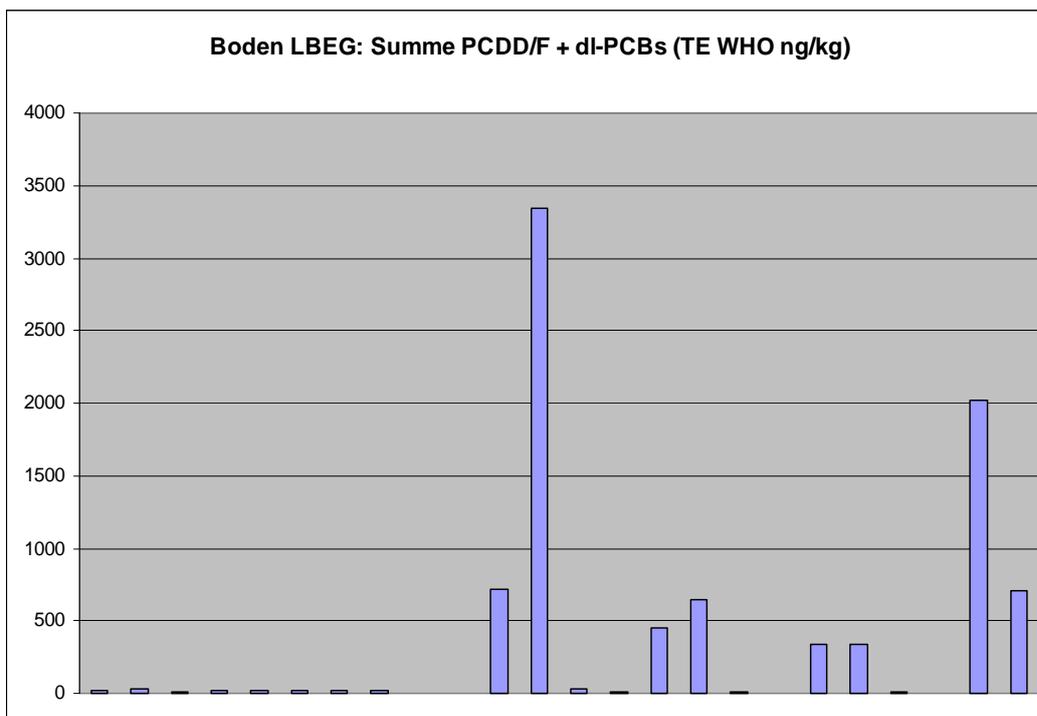


Abbildung 31: PCDD/F & dl-PCB Gehalte der Böden im Untersuchungsgebiet Elbe

Tabelle 20: Schadstoffgehalte der Böden an der Elbe

Bodenproben im Überflutungsbereich (Außendeich)	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 50. Perzentil	Σ Wert PCDD/F & dl-PCB (TE WHO) 90. Perzentil
N= 6	395 ng/kg	1886 ng/kg
Bodenproben außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
N= 6	10 ng/kg	30 ng/kg

Obwohl sich die Schadstoffgehalte für PCDD/F & dl/PCB im Überflutungsbereich der Elbe gravierend von den Befunden an allen anderen niedersächsischen Flüssen unterscheiden, so zeigen die Befunde doch auch eine Gemeinsamkeit mit anderen Untersuchungsstandorten in Niedersachsen. Die Böden außerhalb des Überflutungsbereiches weisen deutlich geringere Schadstoffgehalte auf, als die Böden innerhalb des Überflutungsbereiches.

Die Diskrepanz zwischen den Befunden innerhalb und außerhalb des Überflutungsbereiches ist, gerade an der Elbe, erheblich (Faktor 100), die Kausalität jedoch offensichtlich identisch. Sie resultiert auch an der Elbe in der Feststellung, dass die Überschwemmungsereignisse und die damit verbundenen Stoff- und Sedimenteinträge (deutlich) höhere Stoffgehalte bedingen.

Die Variation der Stoffgehalte für die Standorte außerhalb des aktuellen Überschwemmungsbereiches (Summenwert PCDD/F & dl-PCB Minimum ca. 1 ng/kg, Maximum ca. 33 ng/kg), lenkt den Blick auf folgenden Sachverhalt. Zum Einen wurden außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches Standorte untersucht, die nie überflutet wurden. Vergleichbare Stoffkonzentrationen zu anderen niedersächsischen Untersuchungsstandorten (außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches der jeweiligen Flüsse) belegen dies.

Zum Anderen wurden aber (außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches) offensichtlich auch Standorte untersucht, die (in früheren Zeiten) durchaus durch Hochwasserereignisse beeinflusst wurden. Recherchen hinsichtlich der zeitlichen Abfolge von Deichbaumaßnahmen lassen diese These plausibel erscheinen. Außerdem liegen Untersuchungen für weitere (aktuell eingedeichte) Standorte und Areale vor, die belegen, dass aktuell eingedeichte Flächen z.T. noch deutlich höhere Stoffgehalte aufweisen.

4.10.2 Exemplarische Kongenerenmuster im Untersuchungsgebiet der Elbe

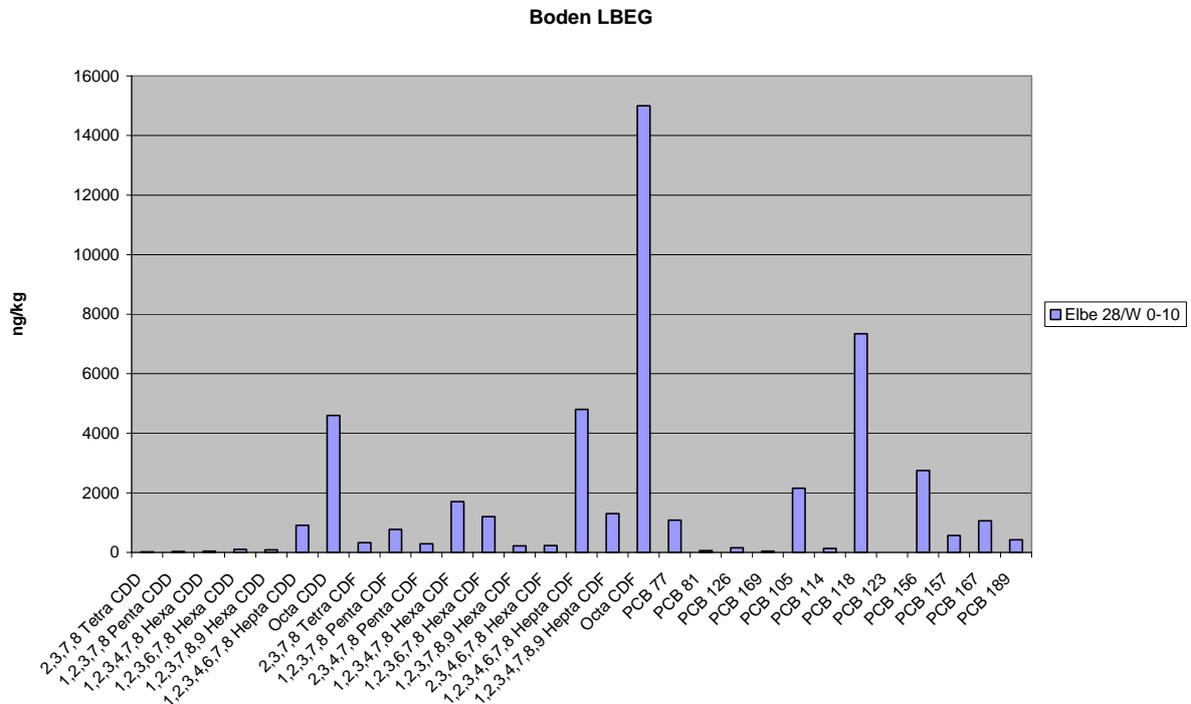


Abbildung 32: Exemplarisches Kongenerenmuster im Überflutungsbereich der Elbe

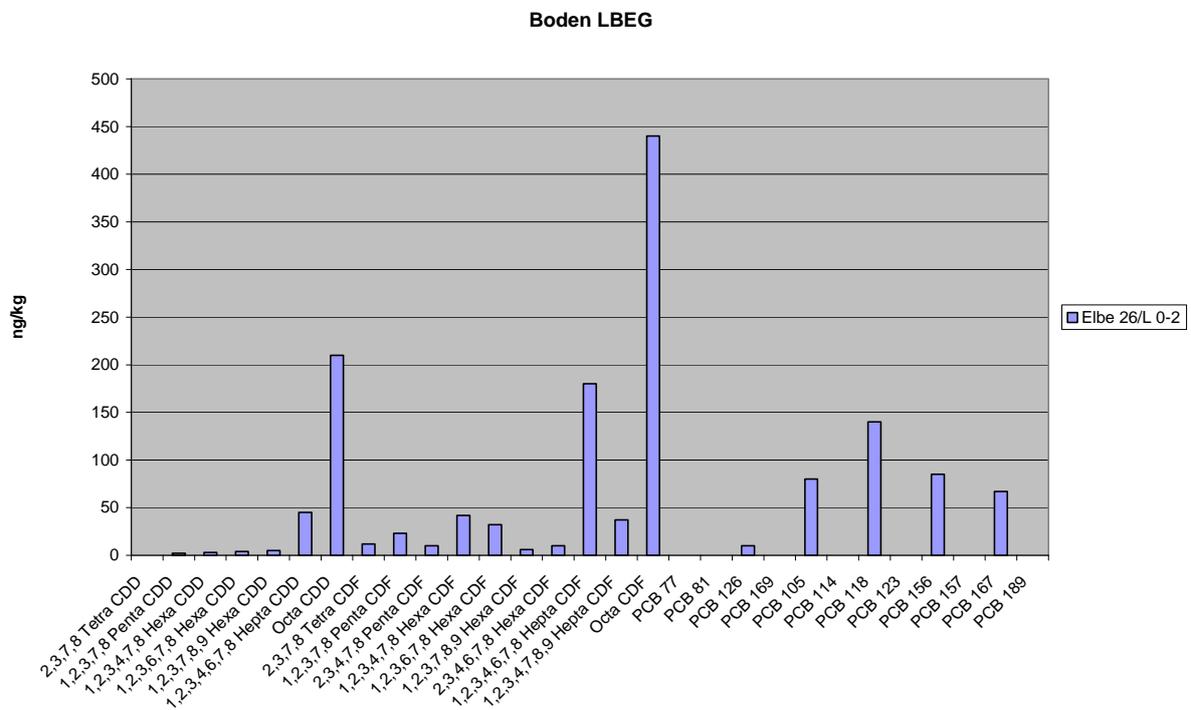


Abbildung 33: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Elbe

Die Sonderstellung der Schadstoffbelastungssituation für die Untersuchungsstandorte an der Elbe lässt sich nicht nur an der Belastungshöhe ablesen, sondern auch mit Hilfe der Schadstoffbelastungsmuster (vgl. Abbildung 32 & Abbildung 33) belegen. Die Muster zeigen, dass die Dioxine zwar weiterhin vor allem durch Octa CDD und 1,2,3,4,6,7,8 Hepta CDD, die Furane durch Octa CDF und 1,2,3,4,6,7,8 Hepta CDF und die dioxinähnlichen PCB durch PCB 118 dominiert sind. Sie unterscheiden sich jedoch vor allem durch den vermehrten Nachweis der Furane von den bisherigen Untersuchungsergebnissen (an anderen niedersächsischen Flüssen). Die Muster sind eindeutig durch die Furane geprägt für die an der Elbe auch weitere Kongenere (z.B. 1,2,3,4,7,8 Hexa CDF, 1,2,3,6,7,8 Hexa CDF) in Erscheinung treten.

Die These, dass höhere Gehalte außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches der Elbe, ebenfalls auf Überflutungsereignisse zurückzuführen sind, wird durch Abbildung 33 gestützt. Dieses Muster, welches an einer Bodenprobe im Binnendeichbereich ermittelt wurde, ist durchaus mit dem Muster in Abbildung 32 vergleichbar, wenn sich auch die Belastung auf einem deutlich geringeren Niveau bewegt. Der Summenwert PCDD/F & dl-PCB beläuft sich für Probe 28 W auf 718 ng/kg, für Probe 26 L hingegen nur auf 23 ng/kg.

Das Schadstoffmuster und auch der Summenwert (ca. 3 ng/kg TE) der in Abbildung 34 dargestellten Probe aus dem Binnendeichbereich der Elbe ist vergleichbar zu weiteren Untersuchungsstandorten aus dem Binnendeichbereich an anderen niedersächsischen Flüssen. Die Muster sind durch den Ausfall von dl-PCB charakterisiert und in vergleichbarer Weise auch an Hunte, Aller, Weser, Fuhse oder Leine anzutreffen.

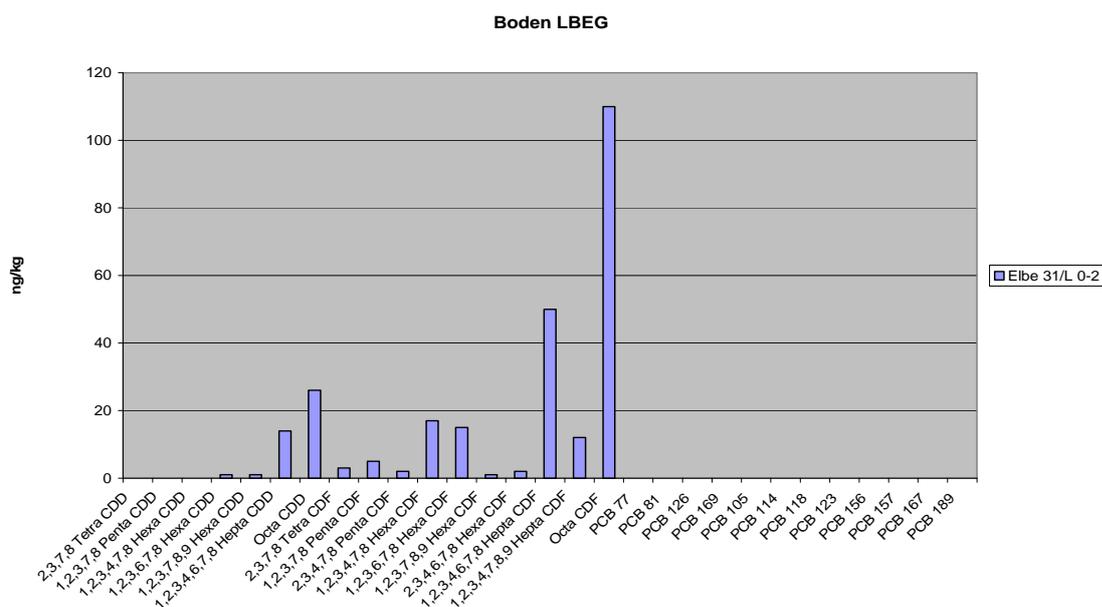


Abbildung 34: Exemplarisches Kongenerenmuster außerhalb des Überflutungsbereiches der Elbe

4.10.3 Bodentypen, Bodenarten, Humusgehalte

Die Bodenprofile im Untersuchungsgebiet der Elbe sind in Abhängigkeit der Sedimentationsbedingungen, der Grundwasserflurabstände und der anthropogenen Überprägungen als Auenböden (A*), Gley-Auenböden (G-AB*), Marschenböden (M*) und auch als Pseudogleye (P-S*) und Umbruchböden (Y*) klassifiziert.

Hinsichtlich einer Kategorisierung der Stoffgehalte zeigt sich, dass vor allem die Standorte im Binnendeichbereich, durch niedrige Stoffgehalte gekennzeichnet sind. Hier wurden Stoffgehalte von ca. 5 ng/kg in den Oberböden ermittelt, die durch sandige Bodenarten gekennzeichnet sind. Stoffgehalte von ca. 20 ng/kg weisen hingegen die Oberböden der Profile auf, die mit schluffig-tonigen Bodenarten entsprechende Sorptionsplätze für die organischen Schadstoffe aufweisen.

Die bodenkundliche Klassifikation für Profil L 26 und L 27 stützt die These, dass es außerhalb des aktuellen Überflutungsbereiches der Elbe, ebenfalls zu Überflutungsereignissen bzw. Einträgen über den Wasserpfad gekommen ist.

Tabelle 21: Zusammenstellung ausgewählter Profilkenndaten von der Elbe

Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, innerhalb des Überflutungsbereiches (Außendeich)			Probennummer/Bodentypen/Bodenarten des Oberbodens, außerhalb des Überflutungsbereiches (Binnendeich)		
W 26	MRb3	Uls	L 26	MNb3	Tu3
W 27	MRb3	Uls	L 27	MNb4	Uls
W 28	G.AB3	Tu3	L 28	G4	fSl2
W 29	G4	Ls2	L 29	G3	Tu3
W 30	AB4	Uls	L 30	YU3	fS
W 31	AB-G4	Ut4	L 31	P-S3	fSms

Für das im Außendeichbereich der Elbe entnommene Probenkollektiv wurden deutlich variierende Stoffkonzentrationen ermittelt. Zum Einen die Standorte im Einflussbereich der Tide, die als Marschenböden mit Schadstoffgehalten von ca. 20 ng/kg gekennzeichnet sind, zum Anderen Gleye, Auenböden und Übergangsbodentypen, die alle oberhalb des Stauwehrs in Geesthacht gelegen sind und z.T. sehr hohe Schadstoffgehalte im Oberboden (Maximum ca. 3300 ng/kg PCDD/F + dl/PCB) enthalten. Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit den Probenahmetiefen ermöglicht keine eindeutigen Prognosen. Die höchsten Schadstoffkonzentrationen wurden in unterschiedlichen Tiefenstufen (0-10 cm bzw. 10-30 cm) angetroffen was den Schluss nahelegt, dass die Schadstoffgehalte im Oberboden auch in Abhängigkeit der Lage zum Fluss und damit zur Exposition von Erosions- bzw. Sedimentationsereignissen einzuschätzen sind.

5 Zusammenfassung zu den Belastungsuntersuchungen für PCDD/F & dl-PCB in Böden niedersächsischer Flussauen

Ausgelöst durch auffällige Befunde im Rahmen der Futtermittelüberwachung an der Ems wurde in 2008 ein niedersächsisches Untersuchungsprogramm zur Ermittlung der Gehalte für polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (Grünland) initiiert. Im Rahmen des Untersuchungsprogramms wurden durch das Ref. Landwirtschaft und Bodenschutz des LBEG zwischen Herbst 2008 und Frühjahr 2009 ca. 300 Bodenproben innerhalb und außerhalb der aktuellen Überschwemmungsgebiete an der Ems und folgenden niedersächsischen Flüssen untersucht:

Tabelle 22: Flusssysteme

Ems	Oker	Innerste
Weser	Fuhse	Leine
Söse	Aller	Elbe
Hunte		

Die Beprobung der Böden unter Grünlandnutzung wurde in Probenahmetiefen gemäß der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BUNDESREGIERUNG 1999) durchgeführt. Diese sieht für Grünland Beprobungstiefen von 0-10 cm und 10-30 cm vor. Um mögliche Stoffeinträge über den Luftpfad gezielt nachweisen zu können, wurden außerhalb der aktuellen Überschwemmungsgebiete Proben in Tiefen von 0-2 cm und 0-10 cm Tiefe entnommen. Im Zuge der Beprobung wurden alle Untersuchungsstandorte bodenkundlich kartiert, um die Geländebefunde für eine Interpretation der Untersuchungsergebnisse nutzen zu können.

Die Ergebnisse der ersten Untersuchungen sind in einem Zwischenbericht dokumentiert und innerhalb der Landesverwaltung kommuniziert worden (SCHNEIDER 2009). Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Arbeiten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Böden innerhalb des Überflutungsbereiches der Ems sind durch Stoffkonzentrationen von ca. 15-25 ng/kg TE gekennzeichnet.
- Böden außerhalb des Überflutungsbereiches der Ems sind durch Stoffkonzentrationen von ca. 3-5 ng/kg TE gekennzeichnet.

- Die Stoffkonzentrationen und Schadstoffmuster sind vor dem Hintergrund der bodenkundlichen Profilbeschreibungen plausibel.
- Die Einträge über den Wasserpfad bedingen offensichtlich höhere Schadstoffgehalte als über den Luftpfad.
- Die ermittelten Schadstoffgehalte bewegen sich nicht im Bereich des Verdachts einer schädlichen Bodenveränderung.

Vor dem Hintergrund des jetzt vorliegenden landesweiten Datenbestandes ist festzustellen - die überregional erhobenen Ergebnisse aus 2009 bestätigen weitgehend die lokal (an der Ems) erhobenen Erkenntnisse aus 2008. Eine Auswertung der Ergebnisse von mittlerweile mehr als 100 Untersuchungsstandorten belegt

- Stoffkonzentrationen von 12 bzw. 28 ng/kg (50. bzw. 90. Perzentil) in den Böden innerhalb der aktuellen Überschwemmungsgebiete,
- Stoffkonzentrationen von 3 bzw. 7 ng/kg (50. bzw. 90. Perzentil) in den Böden außerhalb der aktuellen Überschwemmungsgebiete.
- Die ermittelten Stoffkonzentrationen und Stoffverteilungsmuster sind vor dem Hintergrund der bodenkundlichen Profilbeschreibungen plausibel und nachvollziehbar.
- Für die Interpretation der Analyseergebnisse haben sich die bodenkundlichen Kartierbefunde als hilfreich erwiesen.
- Die Einträge über den Wasserpfad bedingen höhere Schadstoffgehalte als über den Luftpfad.
- Die ermittelten Schadstoffgehalte bewegen sich (mit Ausnahme der Elbe) nicht im Bereich des Verdachts einer schädlichen Bodenveränderung.
- Die Böden im Überflutungsbereich der Elbe nehmen hinsichtlich des Ausmaßes der Stoffkonzentrationen und der Stoffverteilungsmuster (deutlich höherer Furananteil) eine Sonderstellung ein.
- Die Böden der niedersächsischen Flussauen zeigen im aktuellen Überflutungsbereich hinsichtlich des Schadstoffmusters für PCDD/F & dl-PCB ein nahezu vergleichbares Bild. Sie sind durch einen deutlich erkennbaren Peak octachlorierter Dioxine, octachlorierter Furane und die Dominanz von PCB118 gekennzeichnet.
- Außerhalb der aktuellen Überschwemmungsbereiche sind die Proben durch niedrigere Summenwerte und z.T. durch das Fehlen des Nachweises von dl-PCB gekennzeichnet. Dies gilt sowohl für die Untersuchungsstandorte an der Elbe als auch an der Aller, der Weser, der Fuhse, der Hunte oder der Leine.

6 Literatur

DEUTSCHER BUNDESTAG (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens vom 17.03.1998 – BBodSchG In: Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 16

DEUTSCHE BUNDESREGIERUNG (1999): BUNDES-BODENSCHUTZ UND ALTLASTENVERORDNUNG BBODSCHV ONLINE IM INTERNET – URL:[HTTP://WWW.GESETZE-IM-INTERNET.DE/BUNDESRECHT/BBODSCHV/GESAMT.PDF](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf)

Schneider,J. (2005): Hinweise zur Entnahme und zur Beurteilung von Bodenproben im Rahmen der Ermittlung von Dioxingehalten, Geofakten 17, 6 S.
ONLINE IM INTERNET –
http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C38208416_L20.pdf

Schneider,J. (2009): Aktivitäten des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (Ref. Landwirtschaft und Bodenschutz, Landesplanung) zur Ermittlung der dl-PCB / PCDD/F-Gehalte im Boden, im Untersuchungsgebiet Ems

Schulz,J., Schneider,J., Kues,J, Prehn,H.-J. (1993): Niedersächsischer Untersuchungsbericht zur Bodenbelastung durch Dioxine im Überschwemmungsbereich der Elbe, Teil I und II,

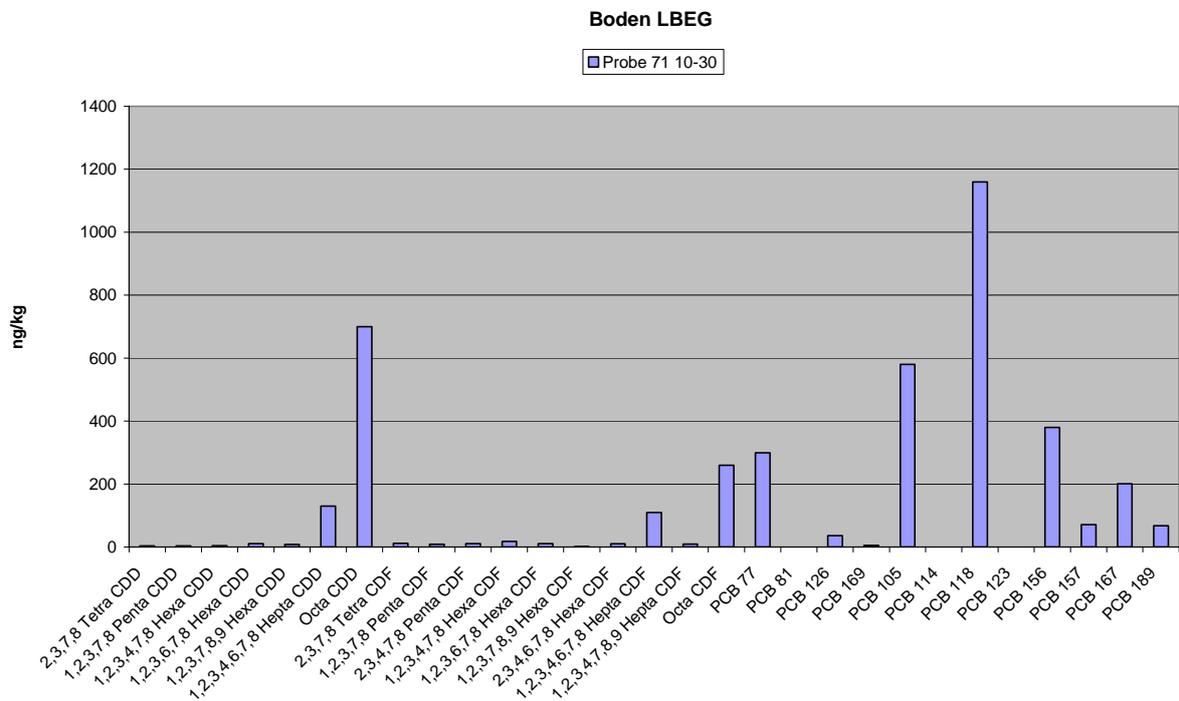
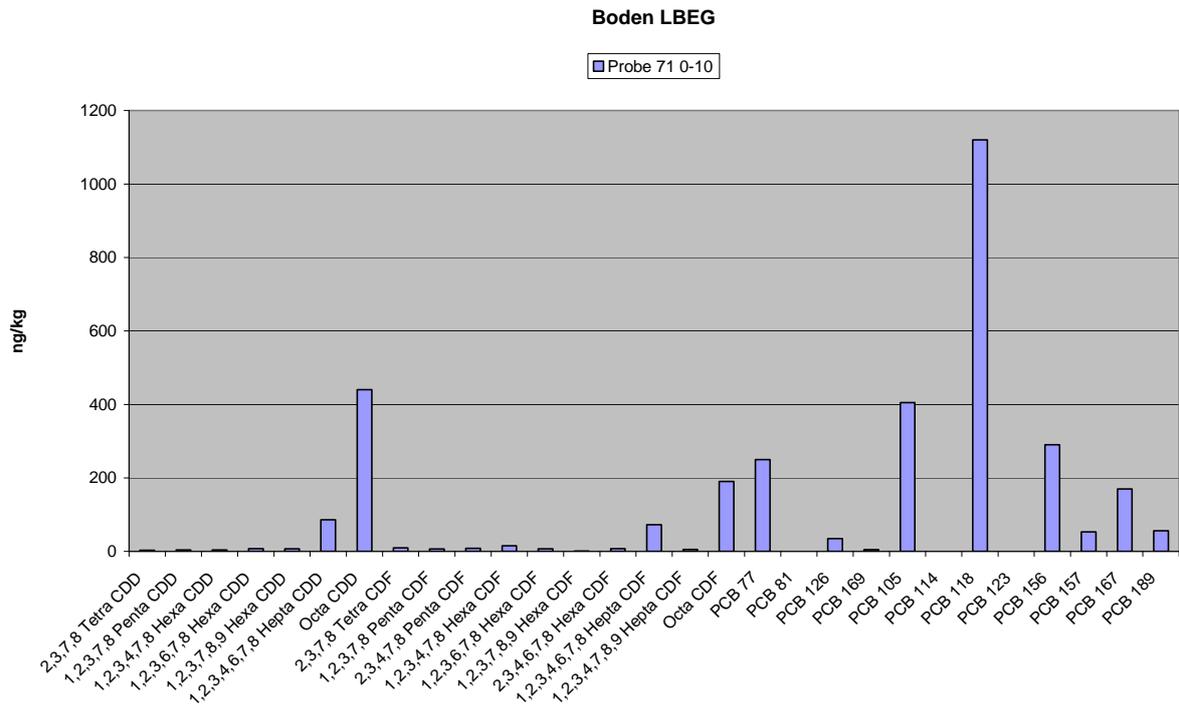
Severin,K., von Haaren,J., Heuer,H.J., Schneider,J. Kamphues,J., Schulz,J. (2004): Ermittlung der Belastung von Boden und Aufwuchs mit PCDD und PCDF sowie Schwermetallen in den Überschwemmungsflächen der Elbtalauen und in weiteren niedersächsischen Flussauen

7 Ergänzende Materialien

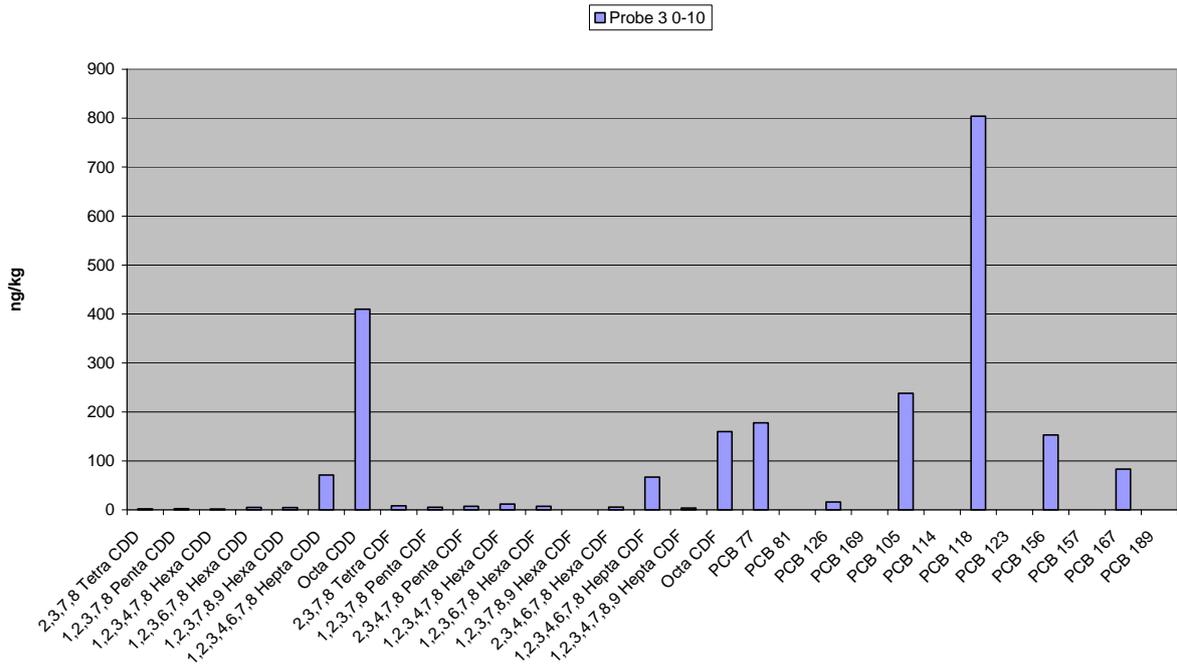
Im folgenden Kapitel sind die Ergebnisse der PCDD/F & dl-PCB Untersuchungen in den Böden niedersächsischen Flussauen als Schadstoffmuster aufbereitet. Diese Zusammenstellung bietet eine Grundlage für weiterführende Auswertungen, z.B. in Sachen Schadstofftransfer in andere Umweltkompartimente.

Die Kongenerenmuster der Proben sind mittels einer Gruppierung zum jeweiligen Flusssystem, mittels der Lage innerhalb bzw. außerhalb des aktuellen Überschwemmungsbereichs (W wie Wasser bzw. L wie Luft), der jeweiligen Standortnummer und der Probenahmetiefe (in cm) bzw. der Probennummer gekennzeichnet.

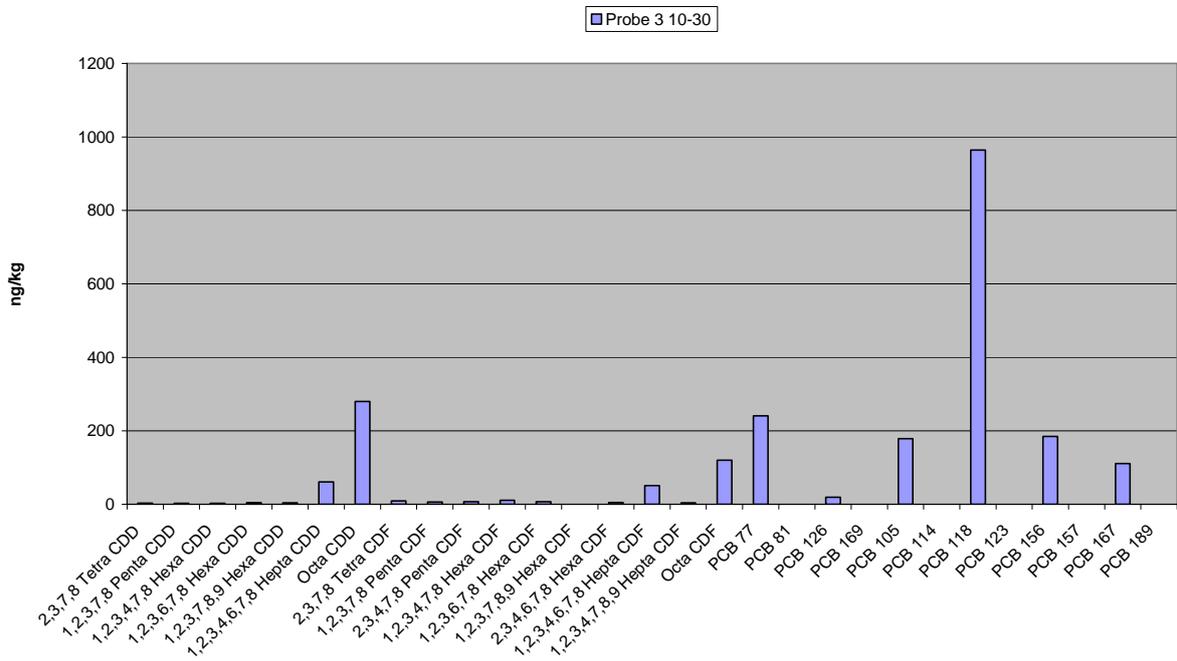
Weitere an der Ems ermittelte Kongenerenmuster, innerhalb des Überflutungsbereiches



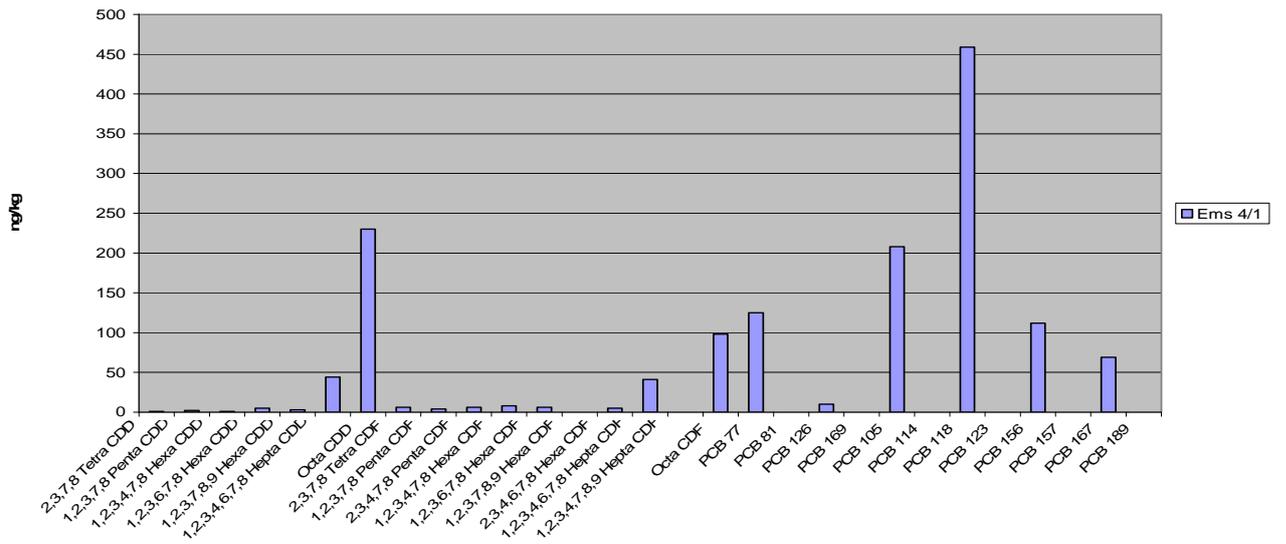
Boden LBEG



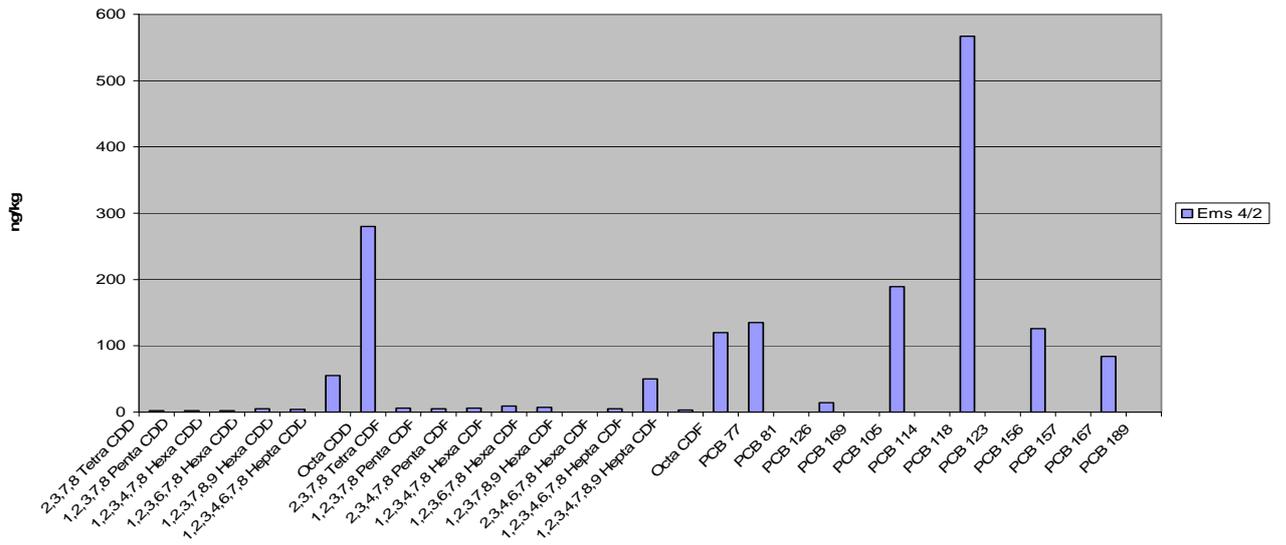
Boden LBEG



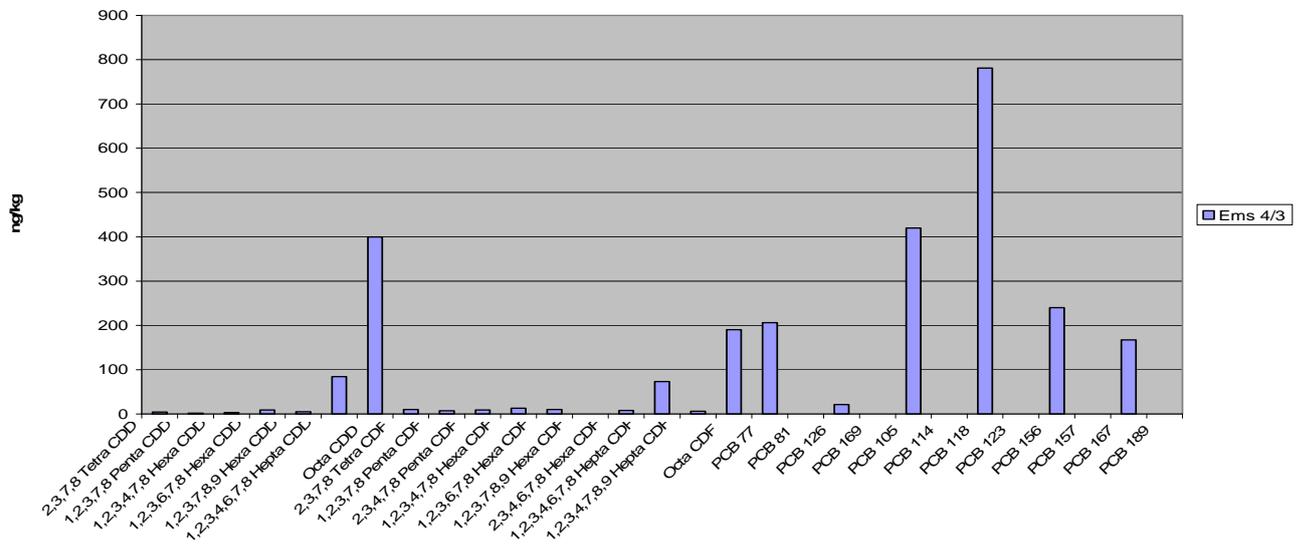
Boden LBEG



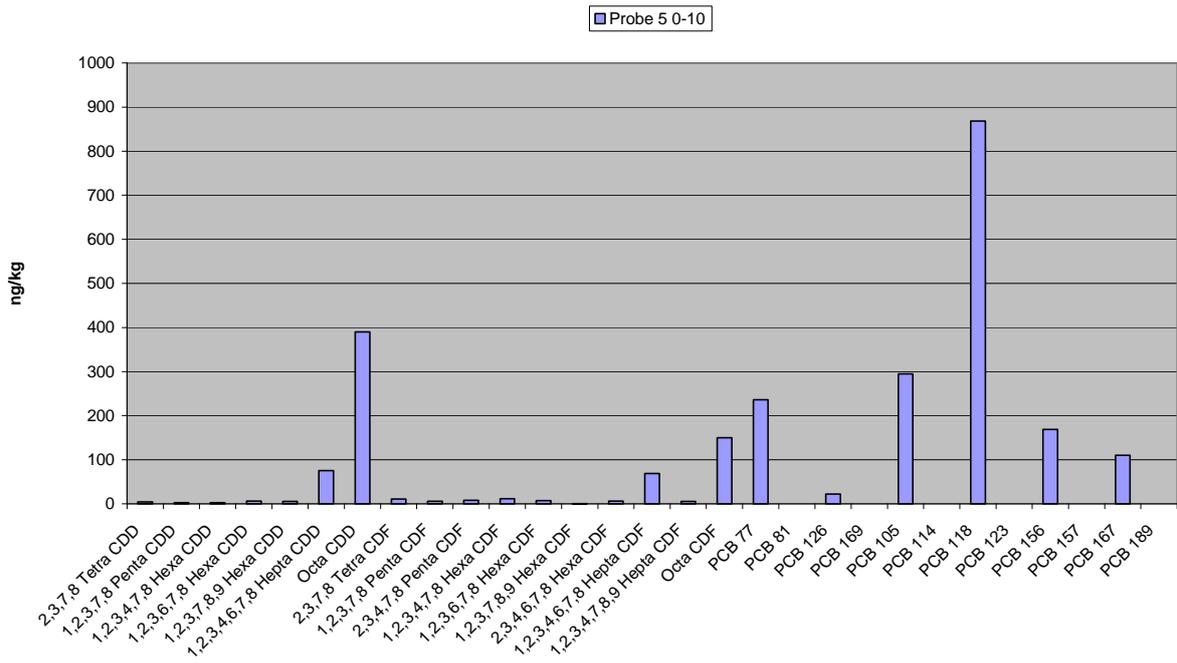
Boden LBEG



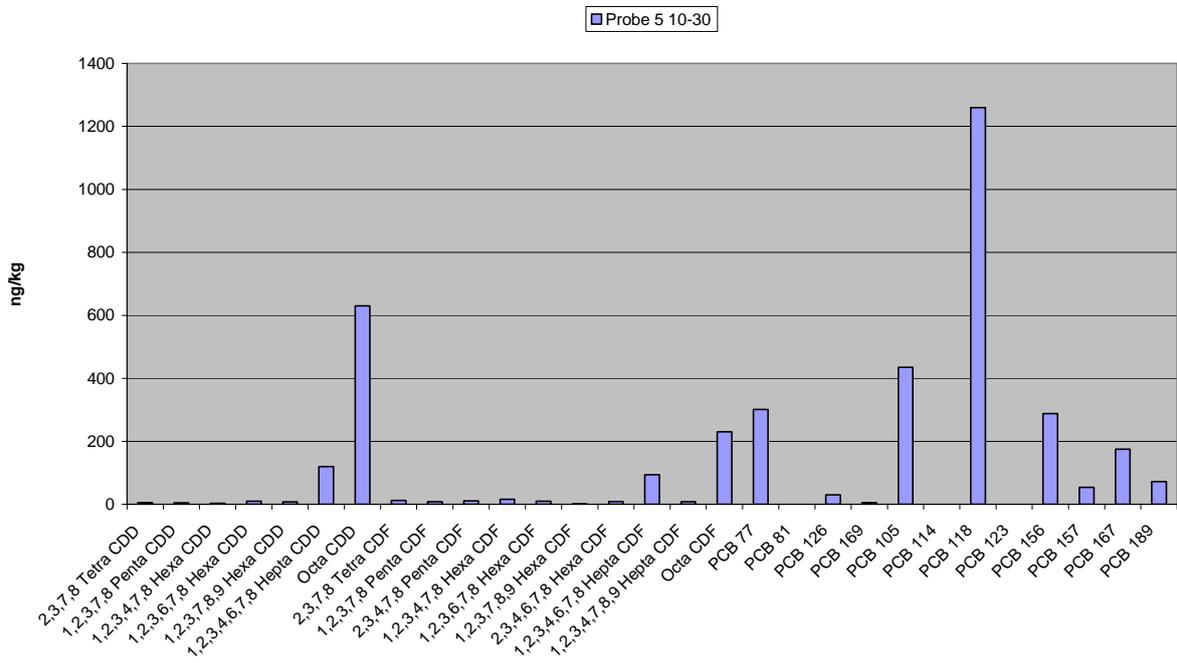
Boden LBEG



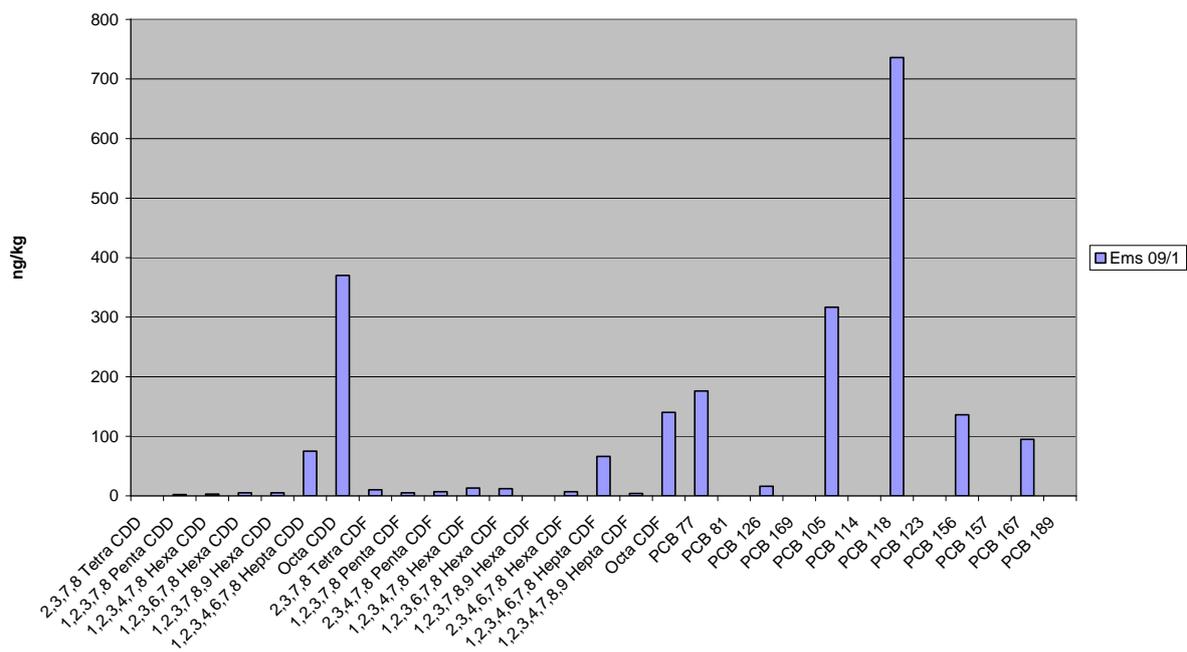
Boden LBEG



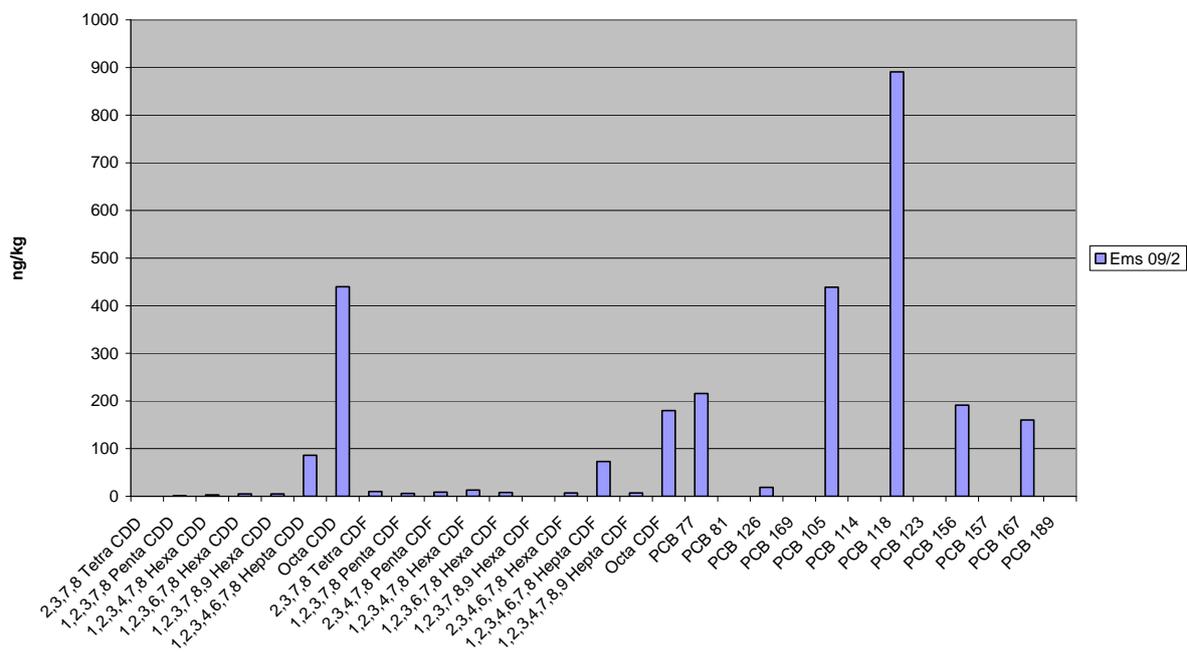
Boden LBEG



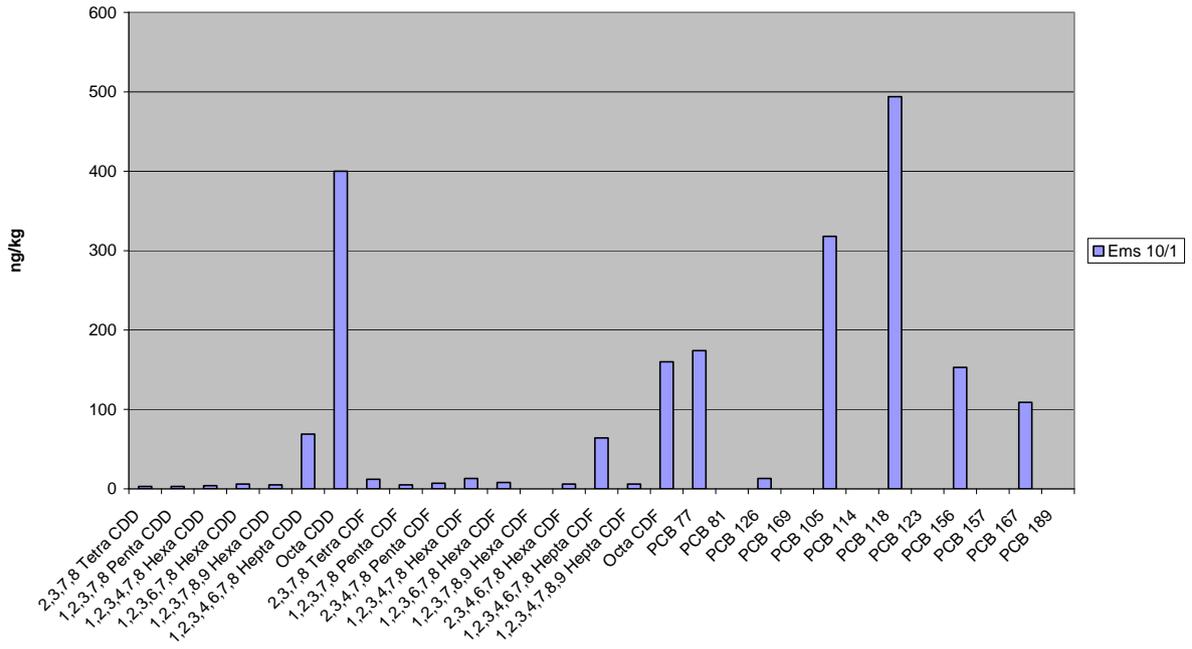
Boden LBEG



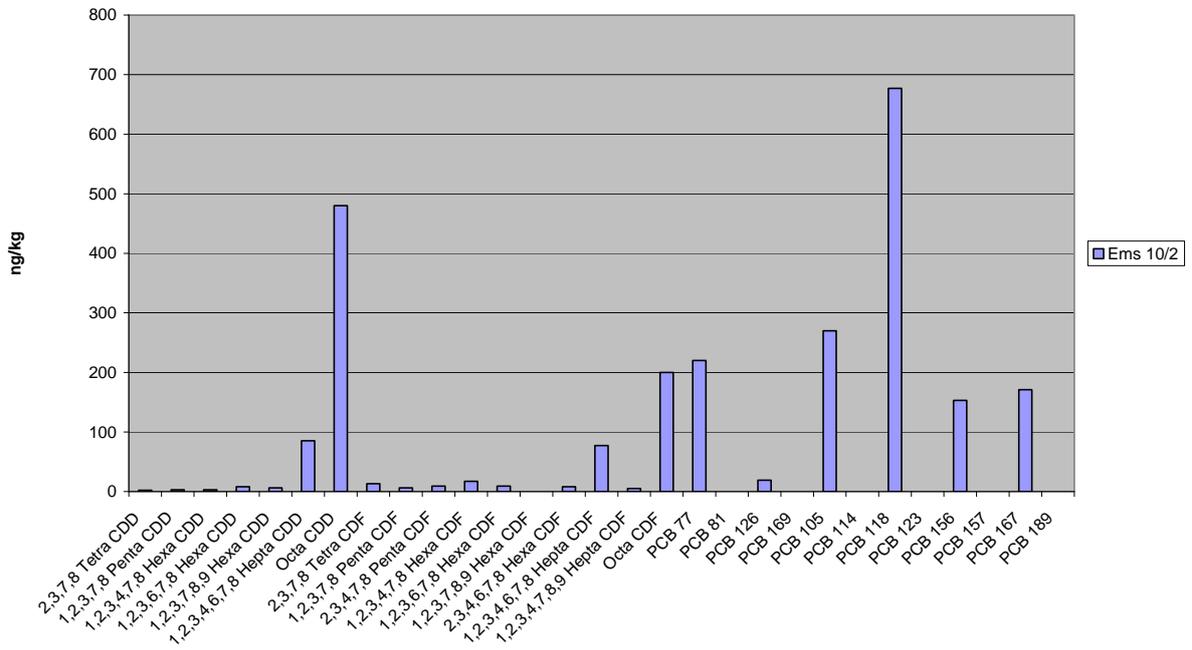
Boden LBEG



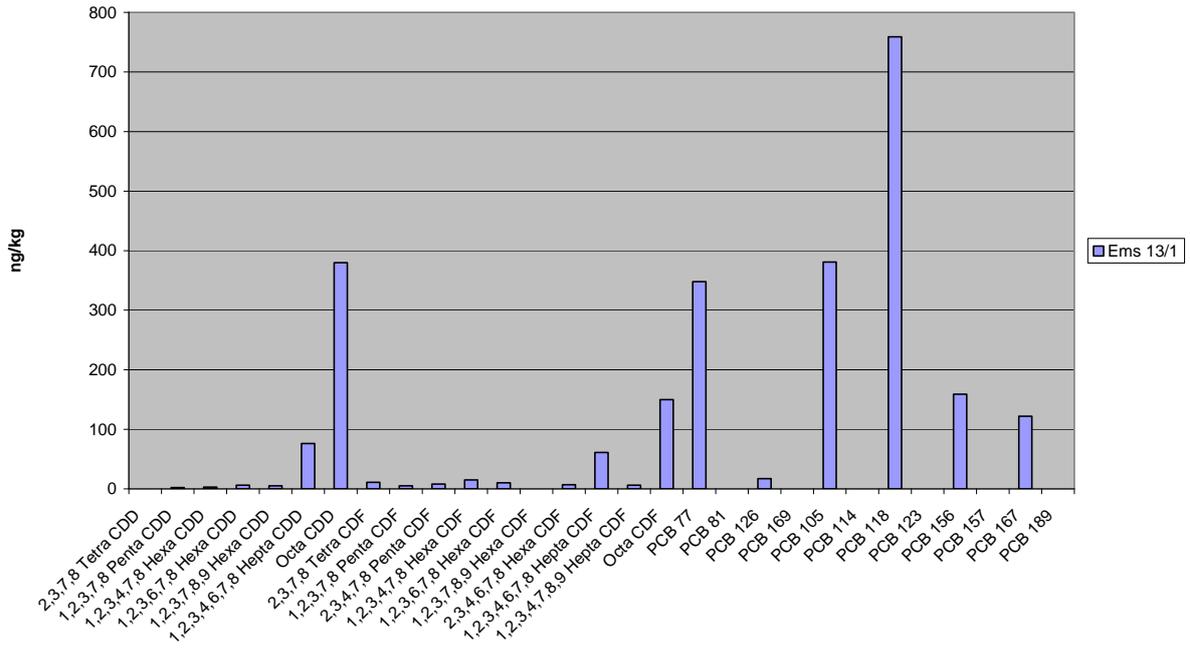
Boden LBEG



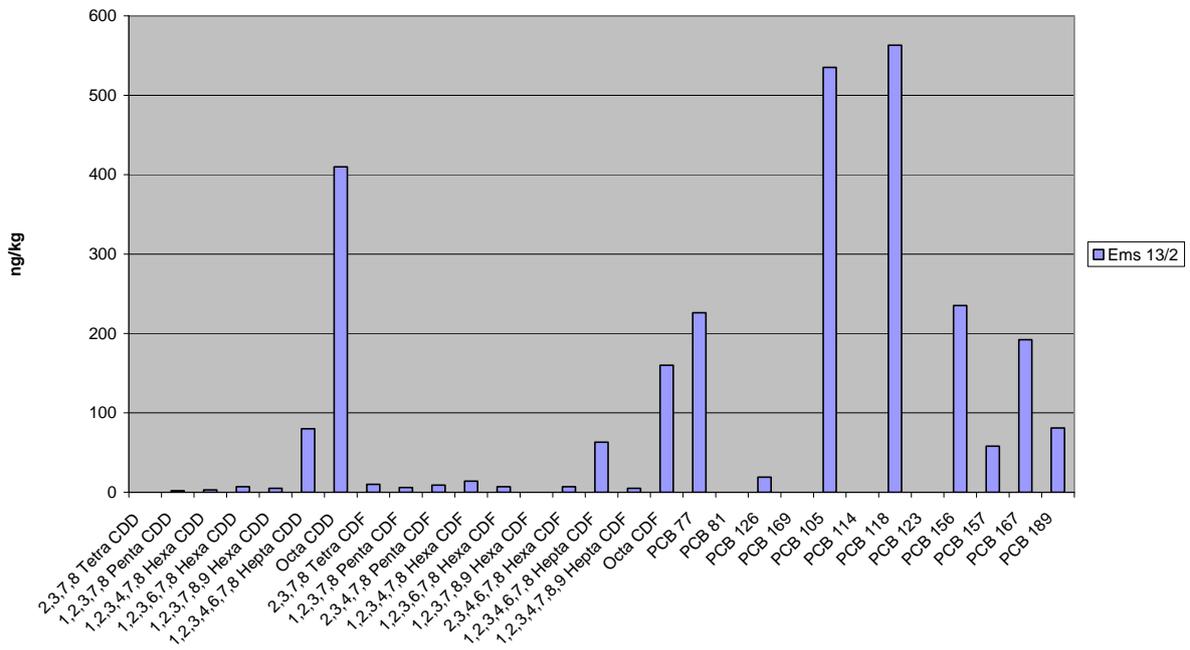
Boden LBEG



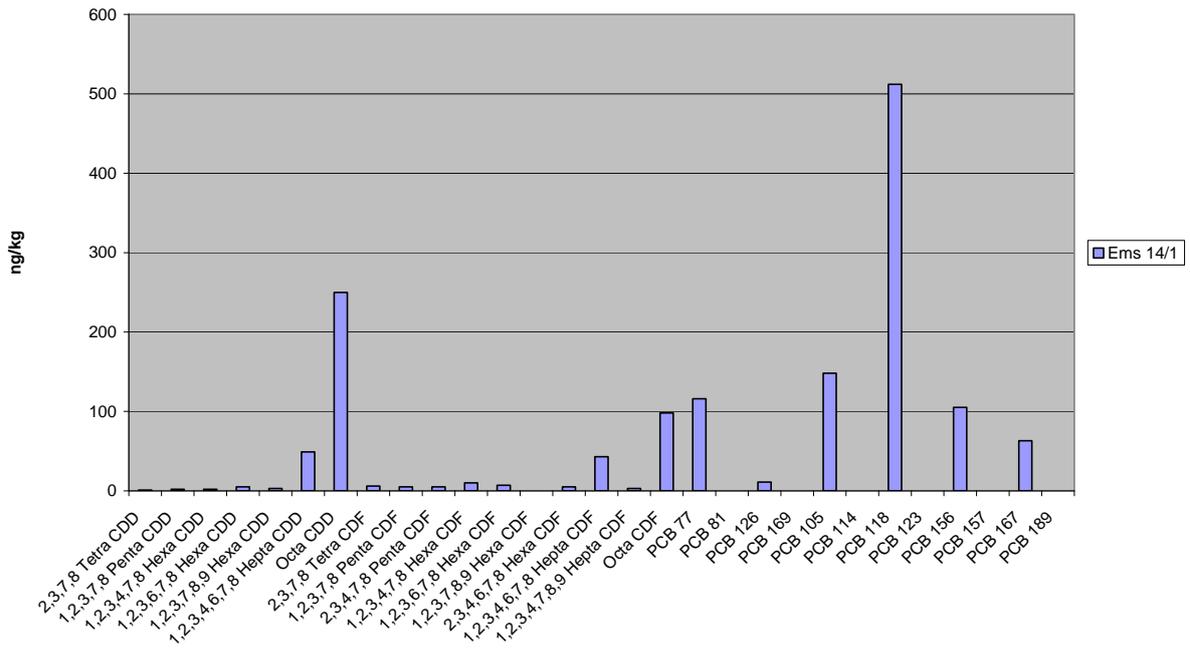
Boden LBEG



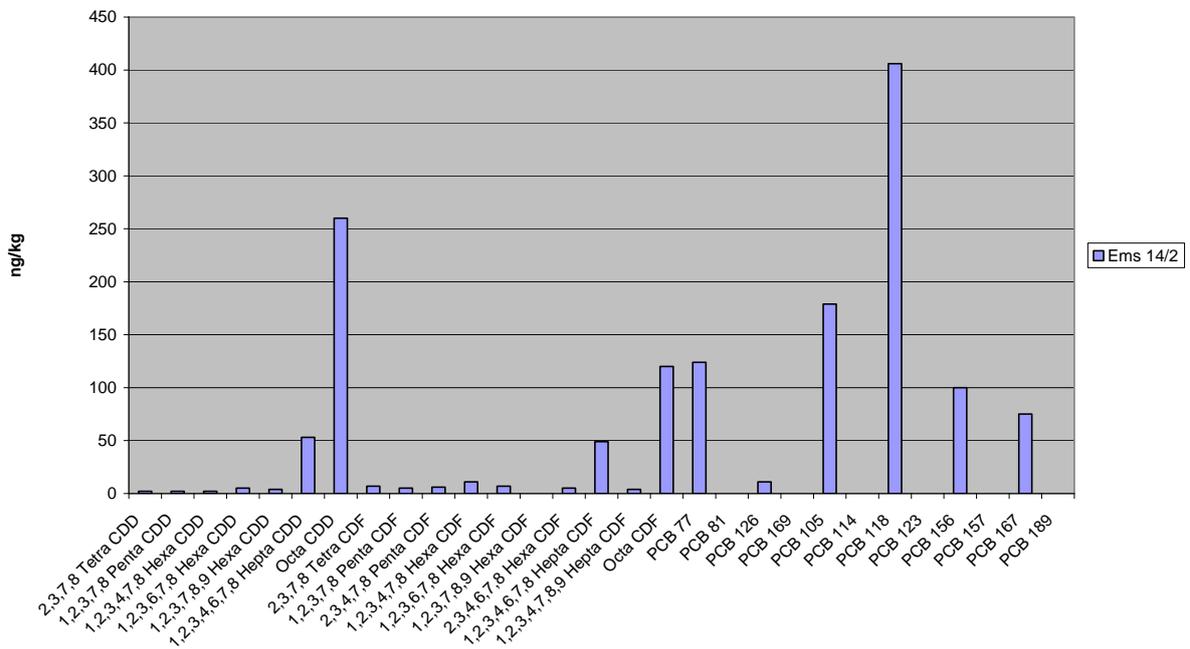
Boden LBEG



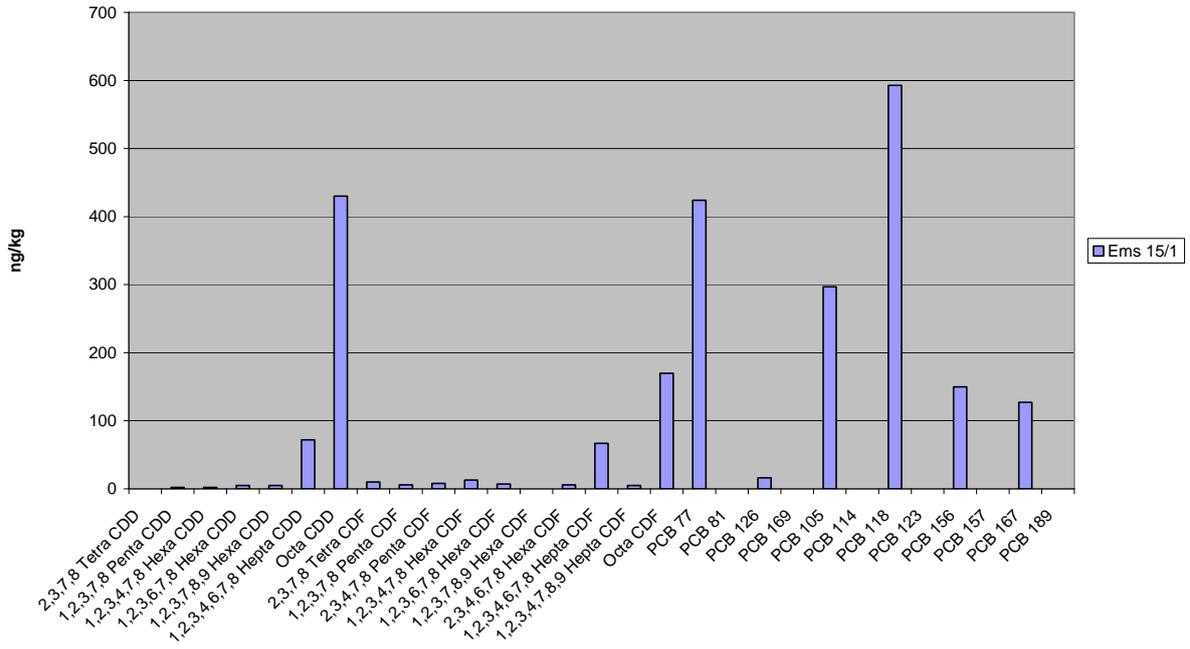
Boden LBEG



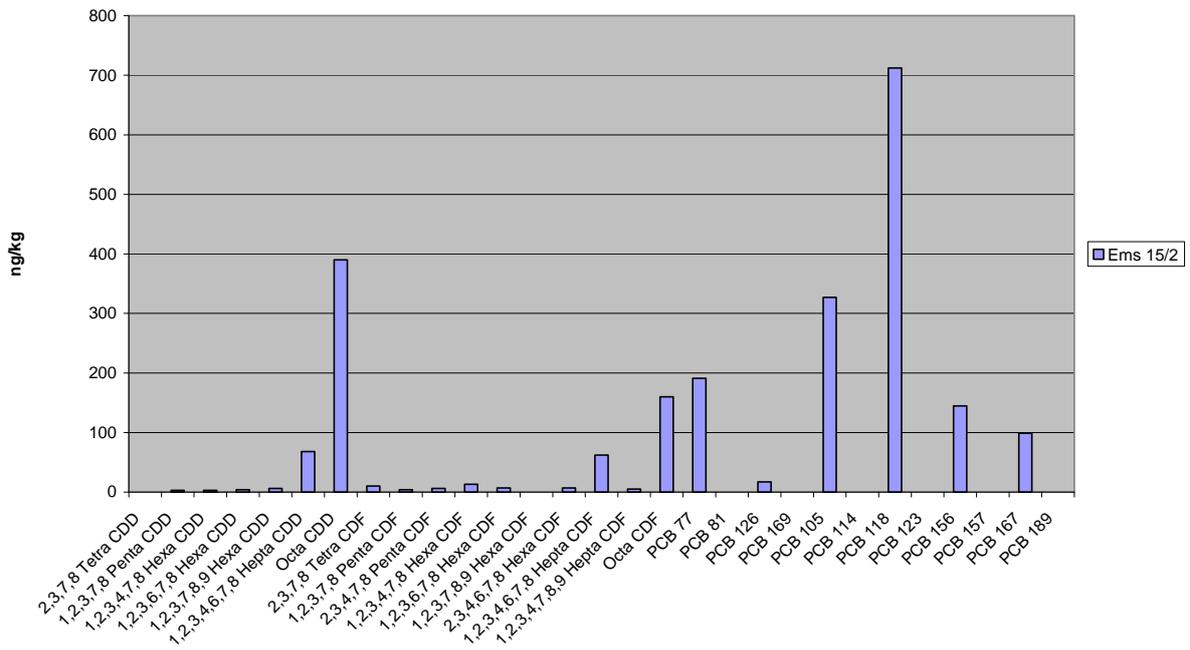
Boden LBEG



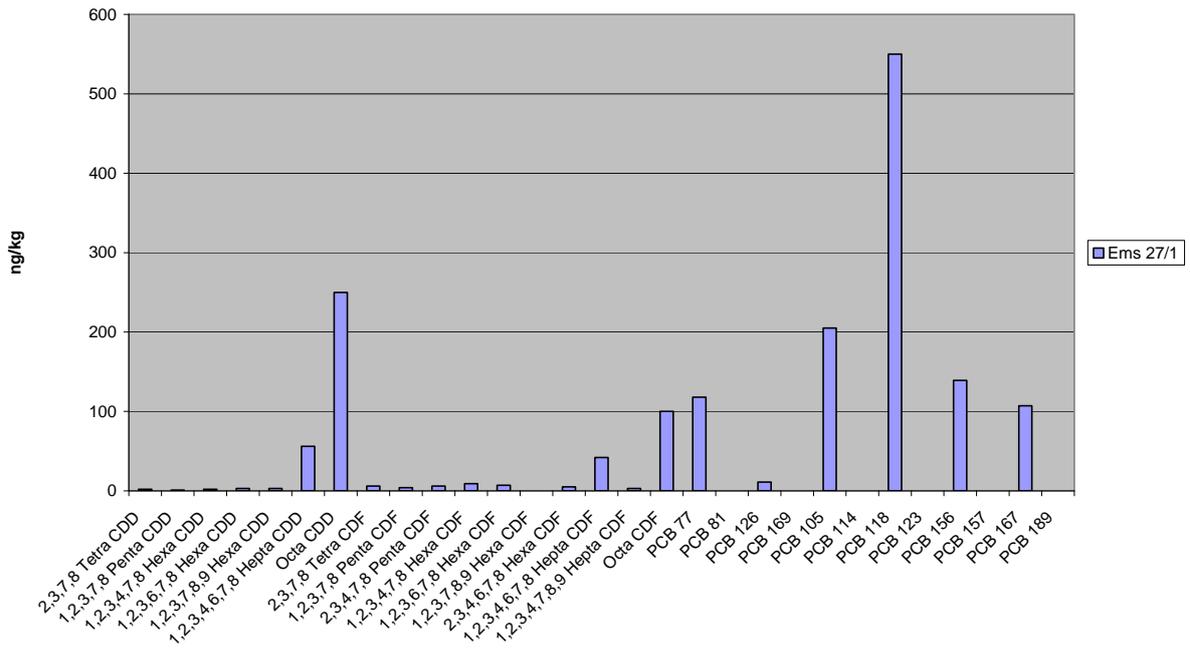
Boden LBEG



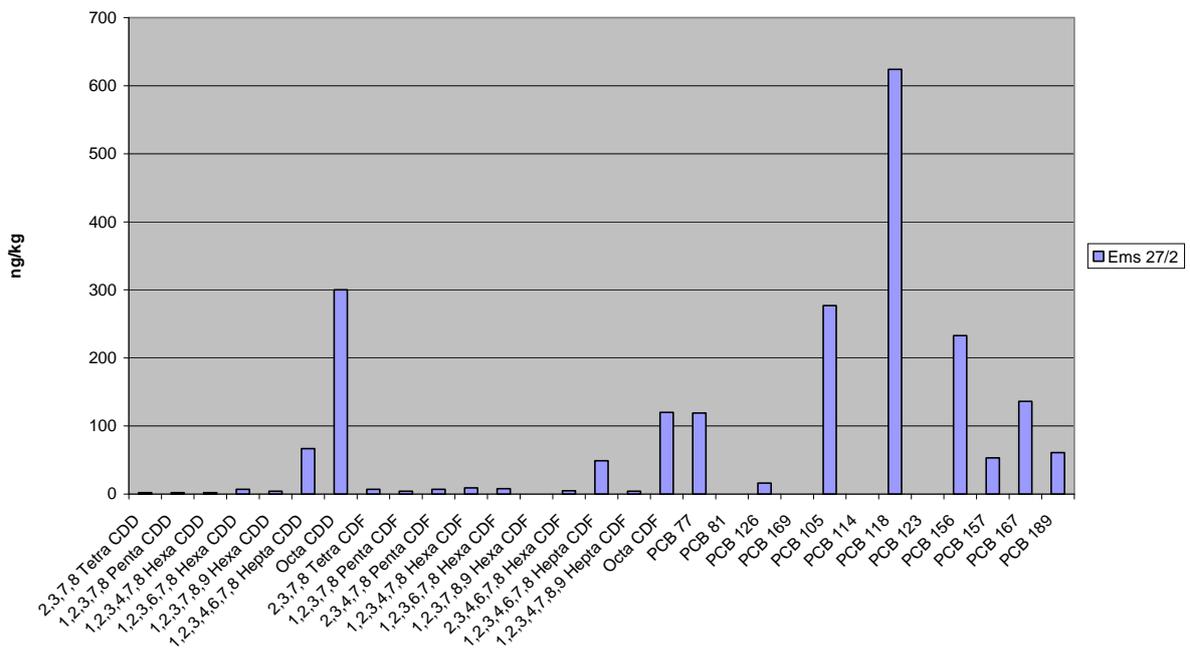
Boden LBEG



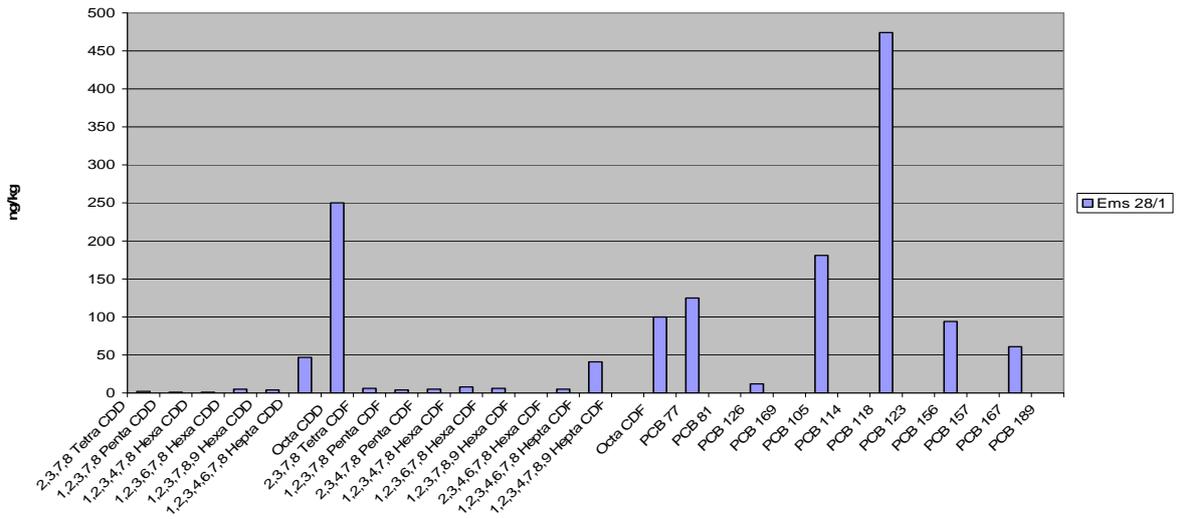
Boden LBEG



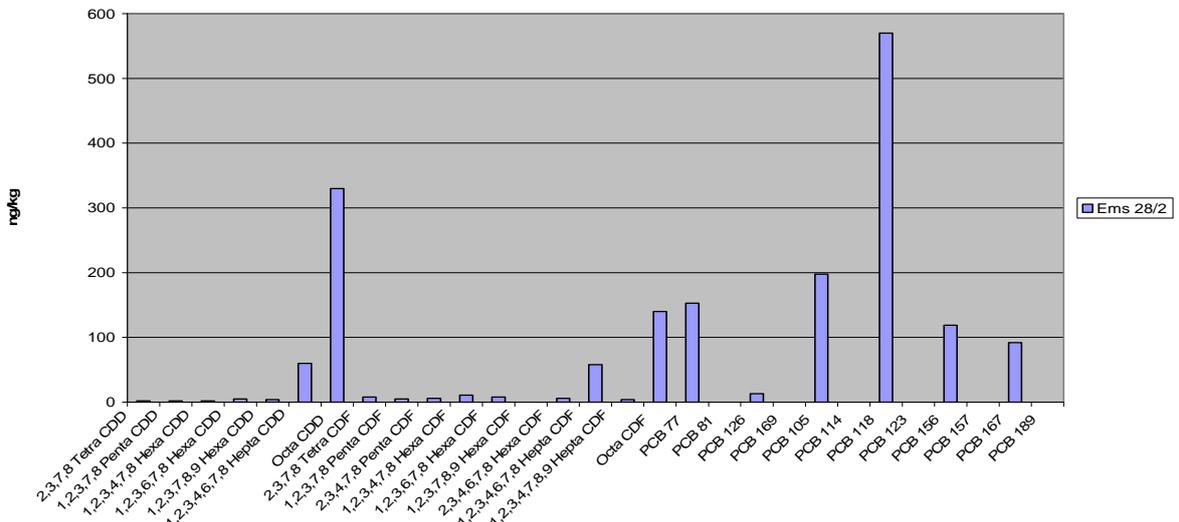
Boden LBEG



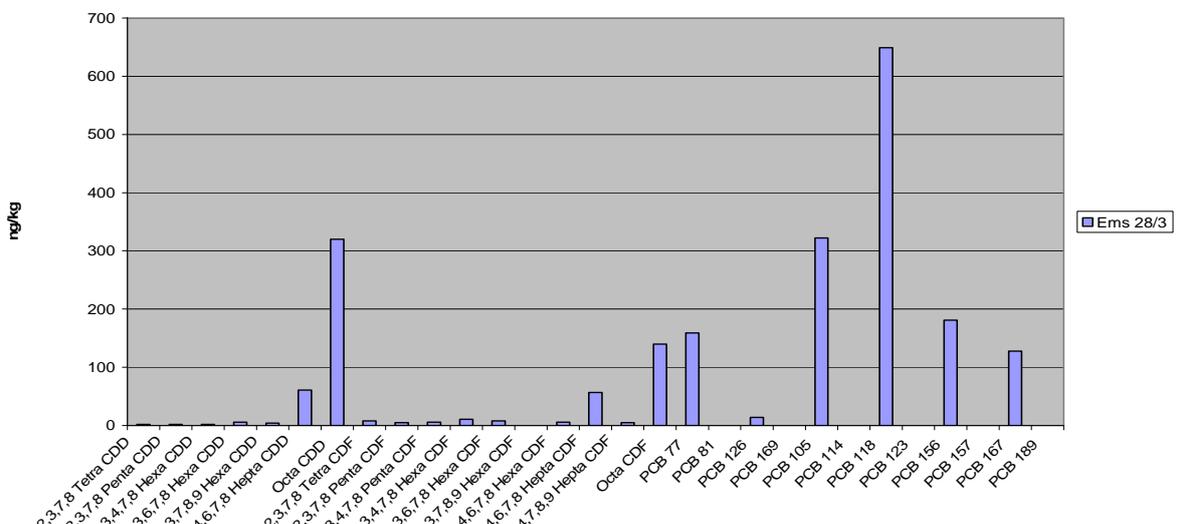
Boden LBEG



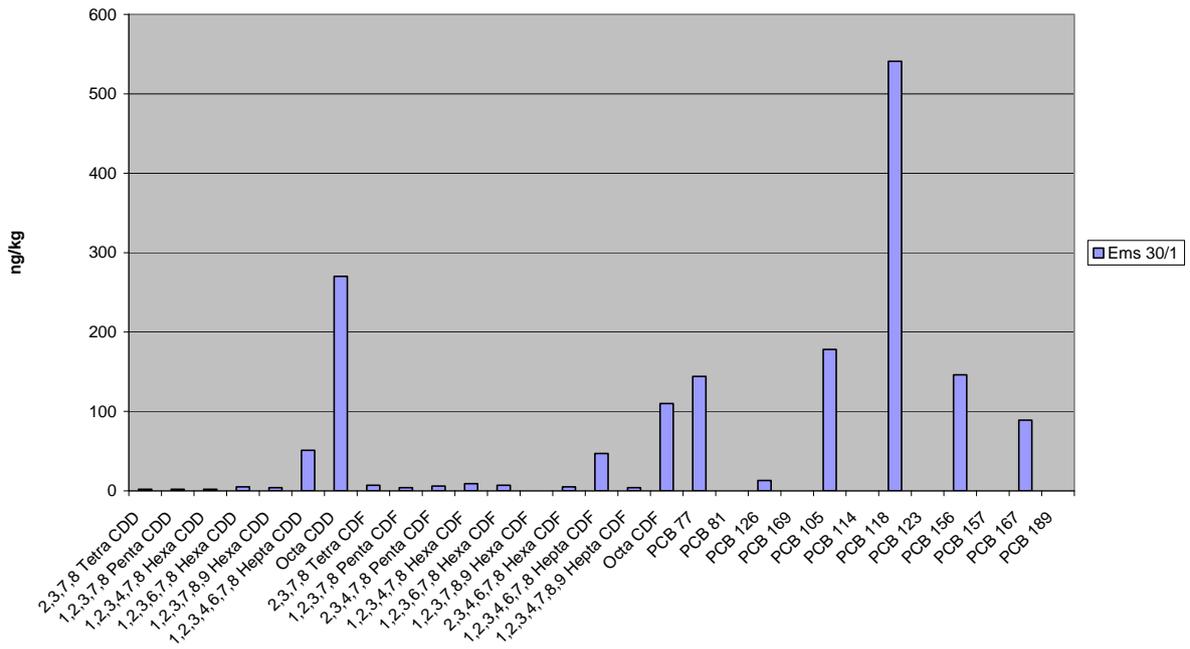
Boden LBEG



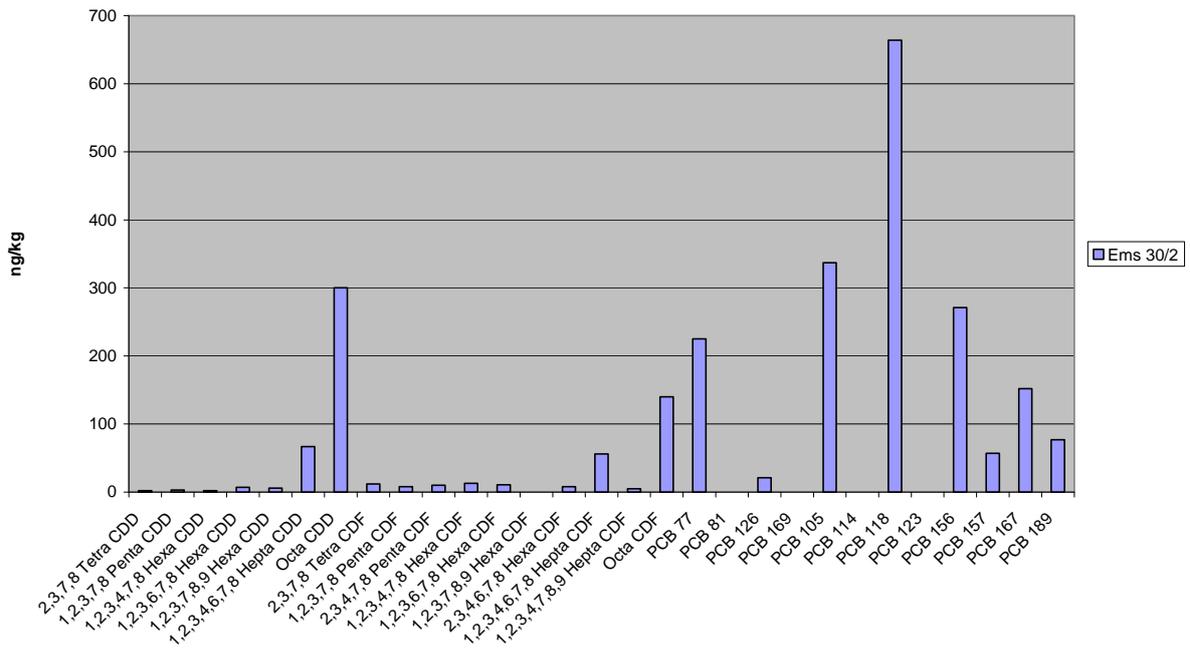
Boden LBEG



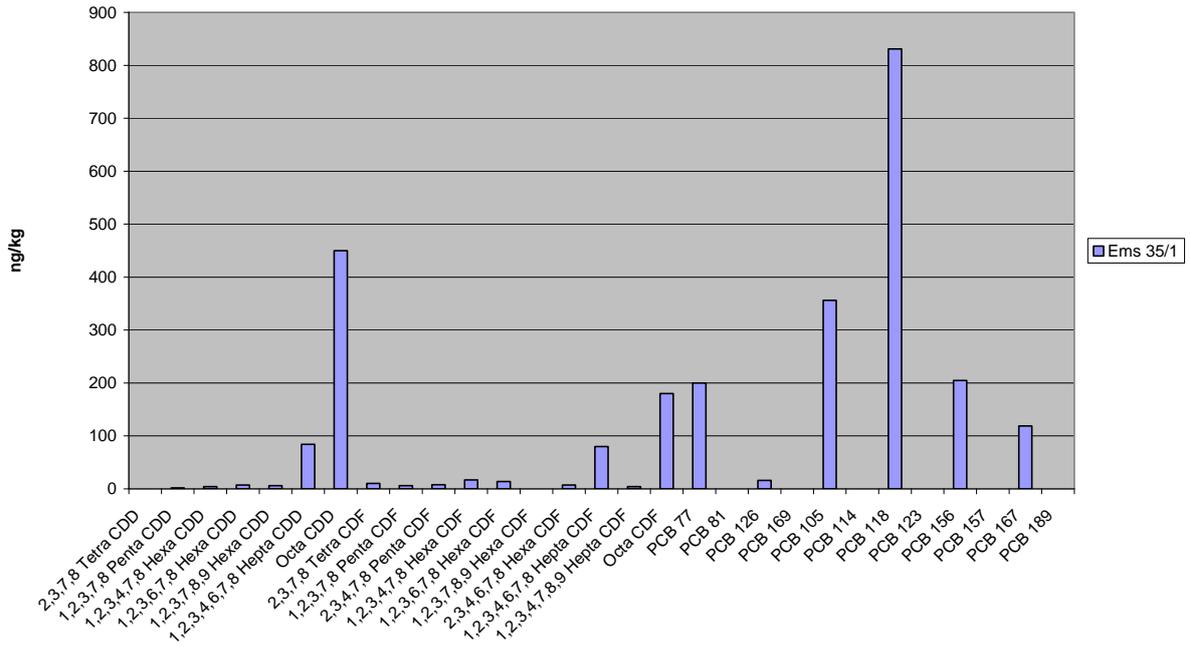
Boden LBEG



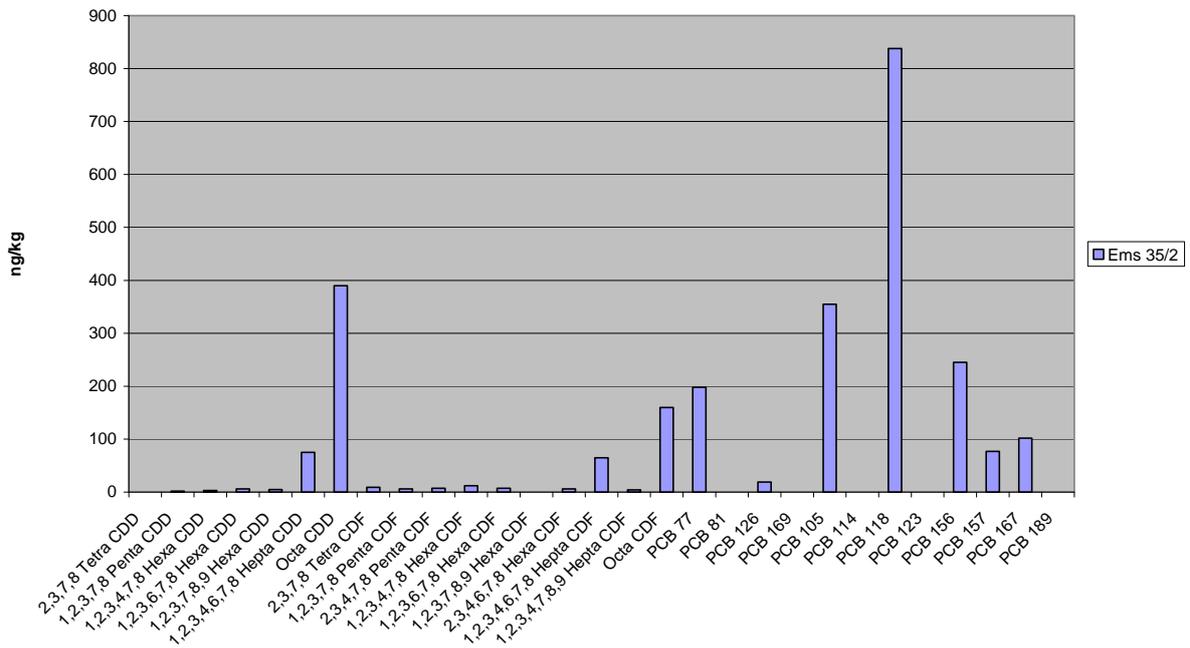
Boden LBEG



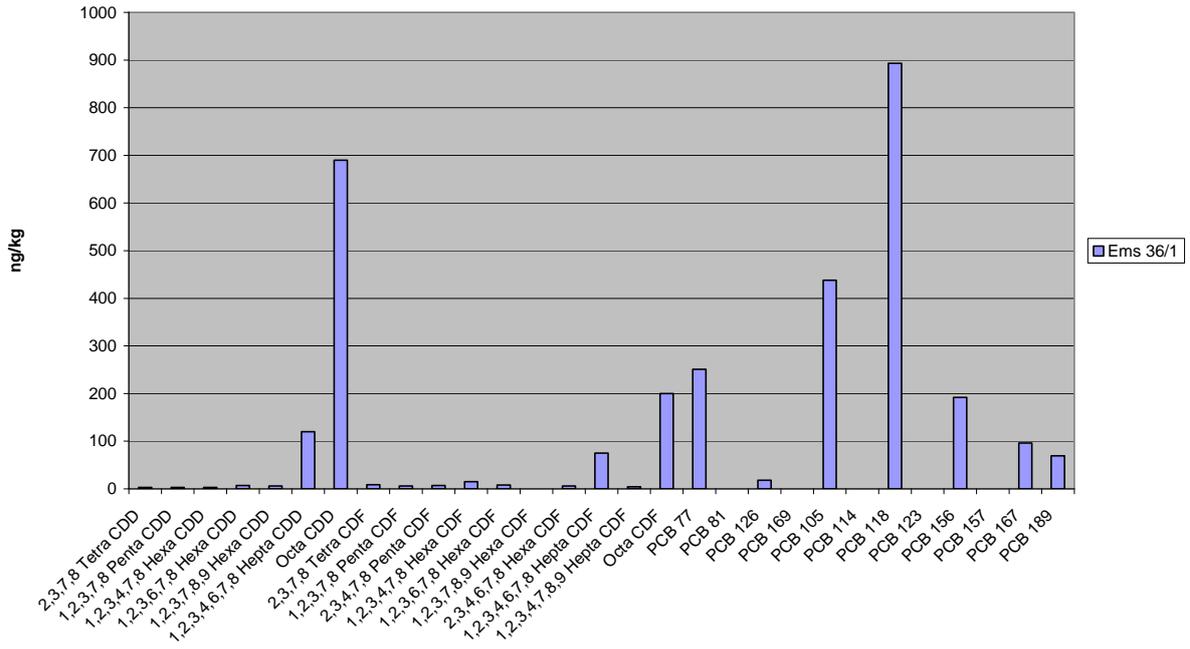
Boden LBEG



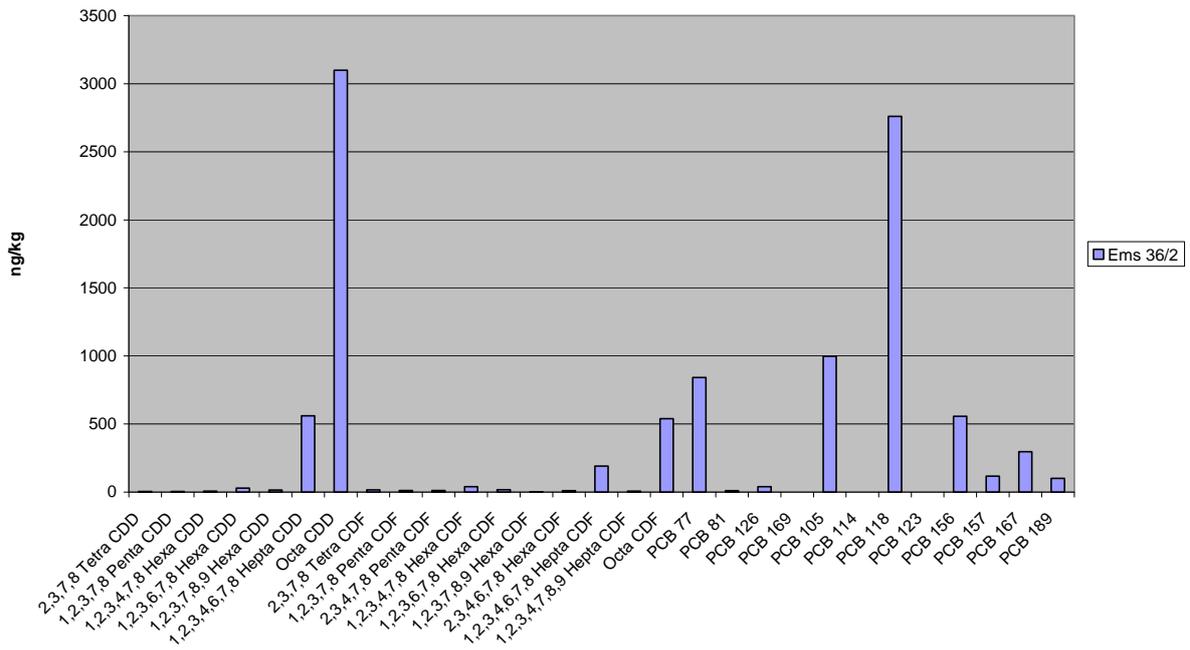
Boden LBEG



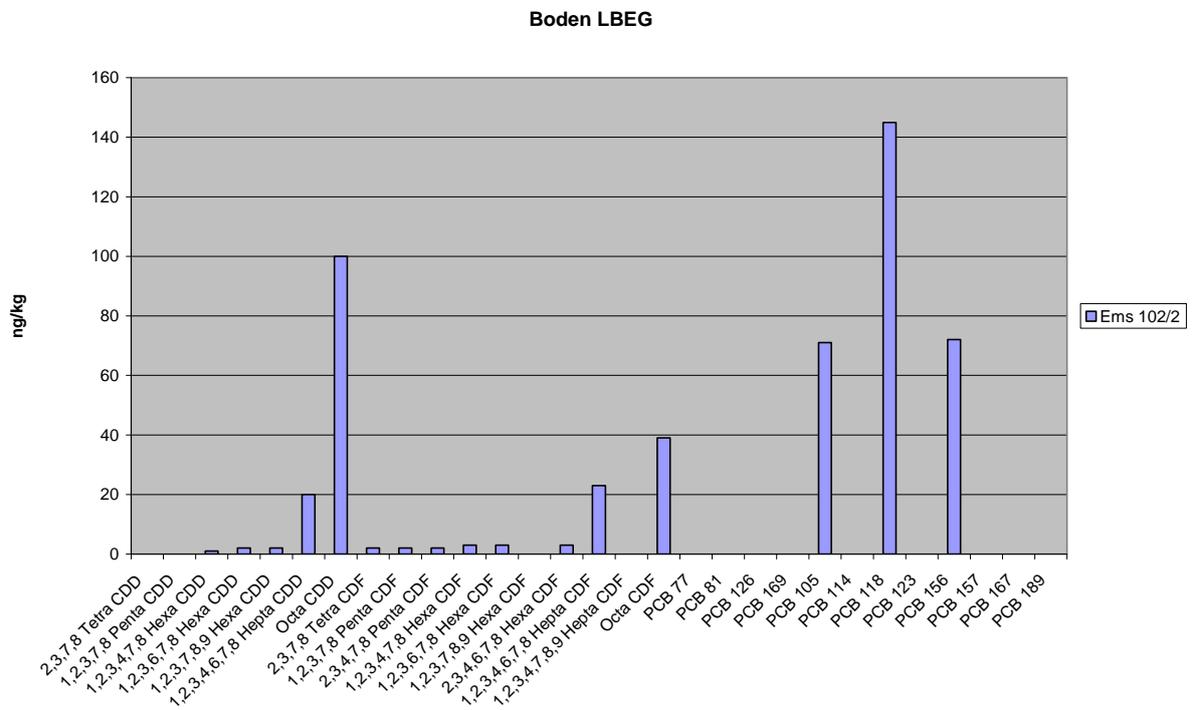
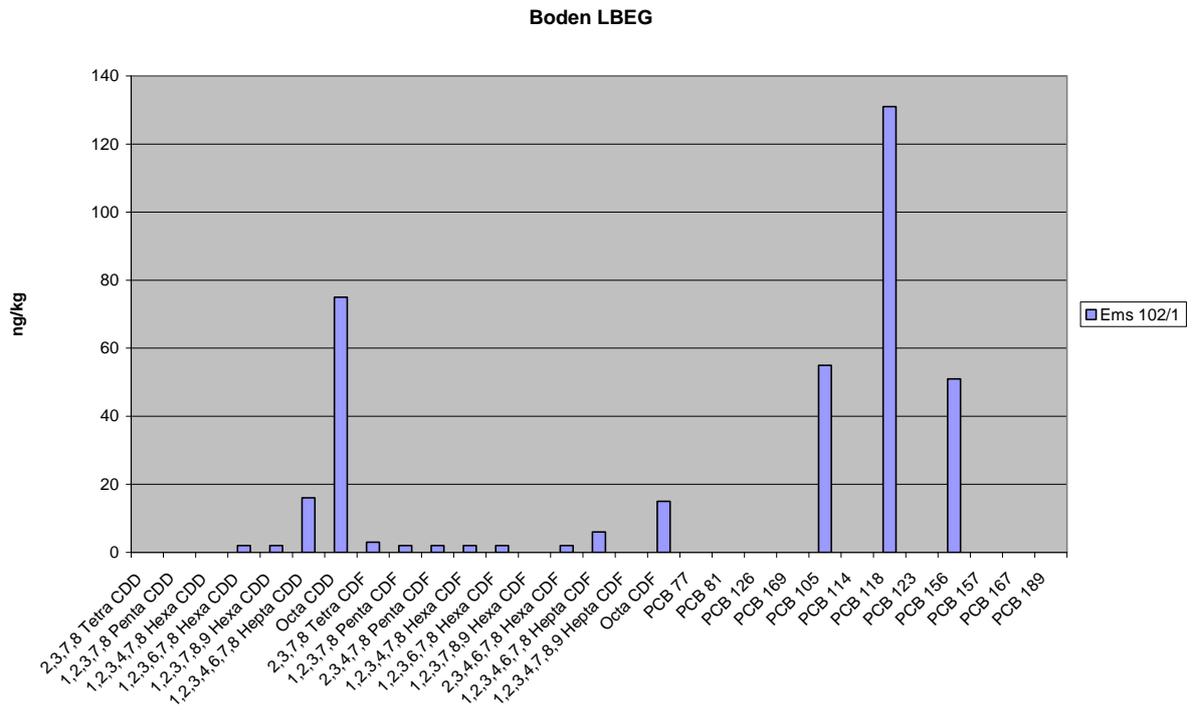
Boden LBEG



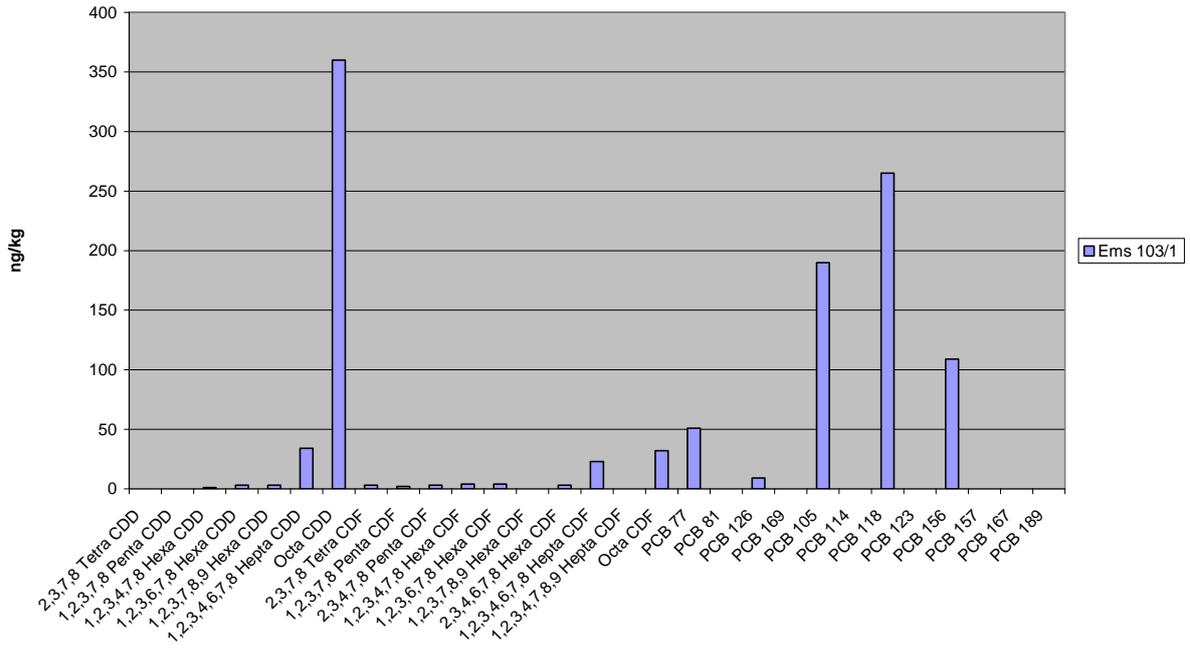
Boden LBEG



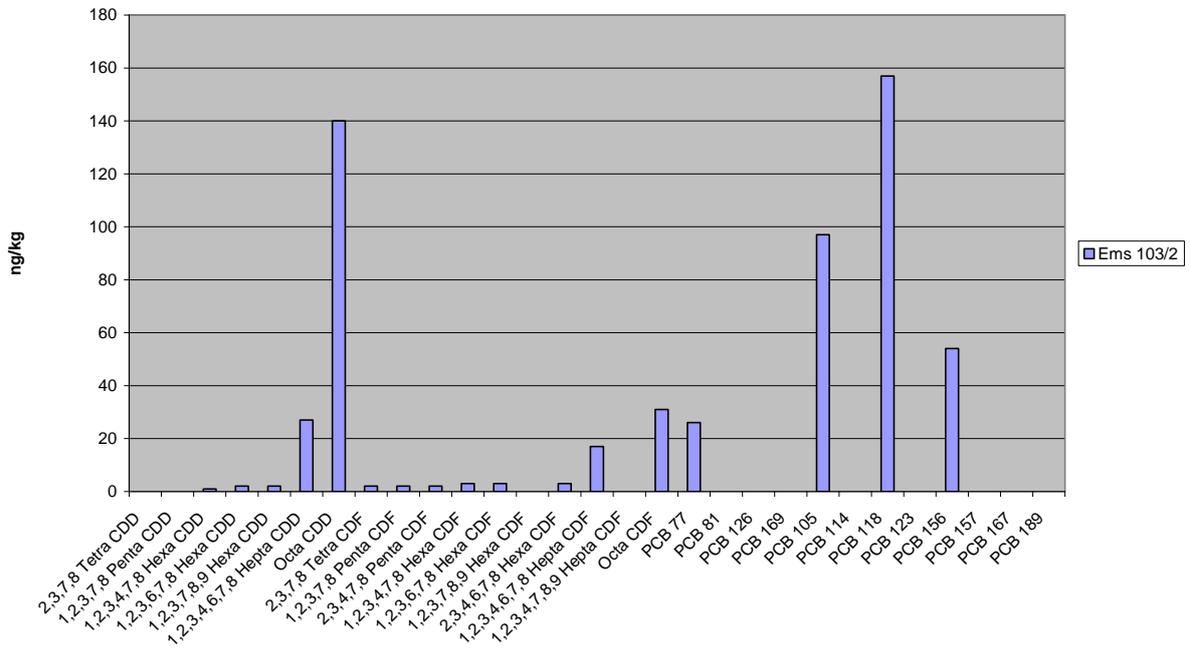
Weitere an der Ems ermittelte Kongenerenmuster, außerhalb des Überflutungsbereiches



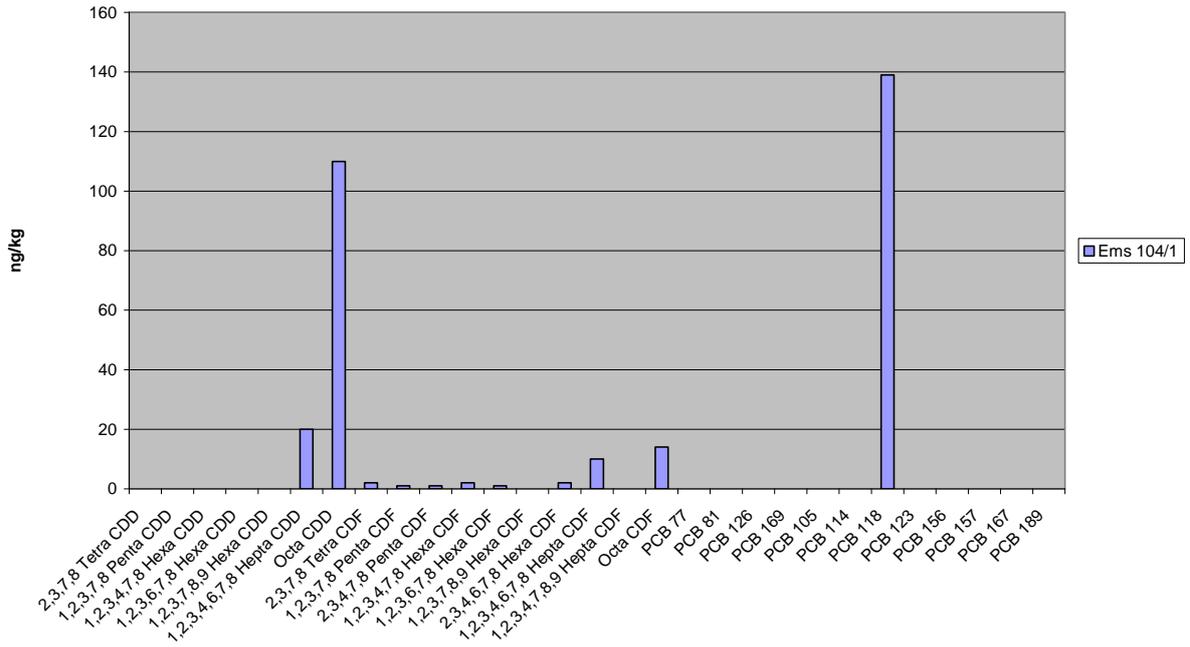
Boden LBEG



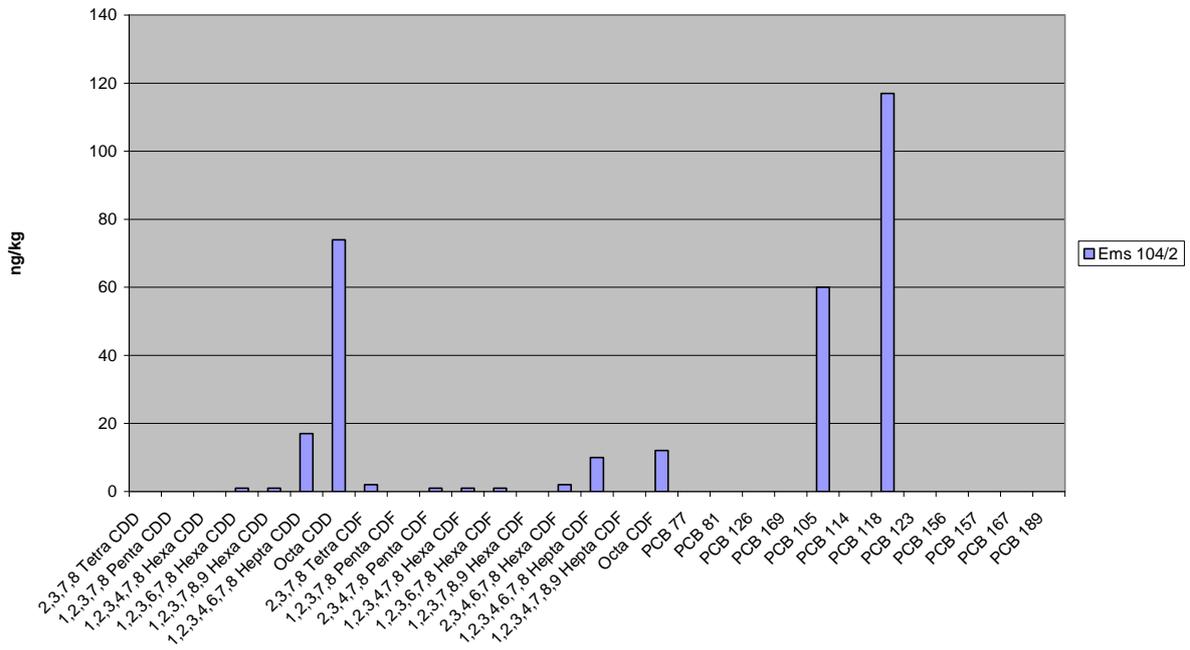
Boden LBEG



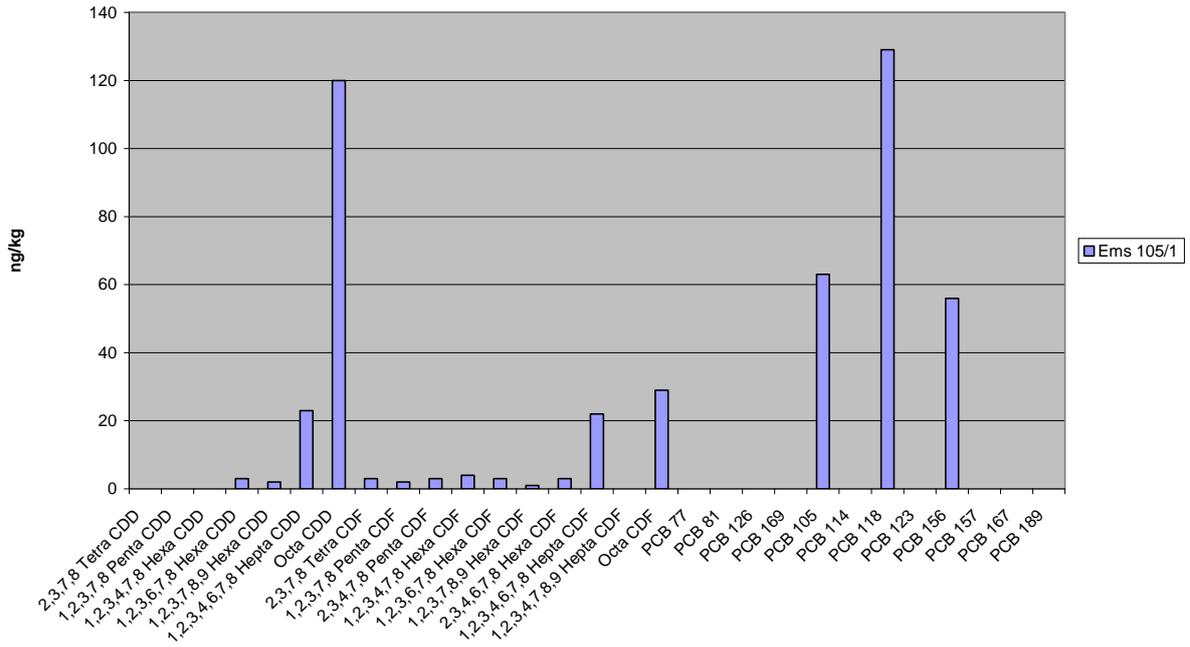
Boden LBEG



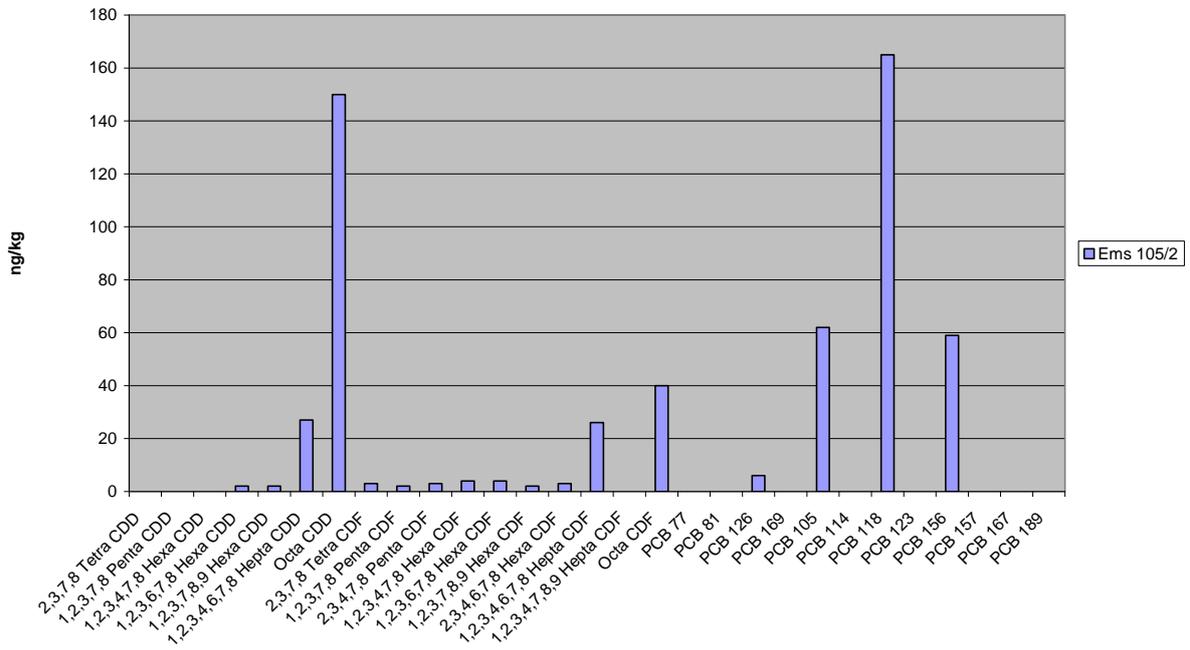
Boden LBEG



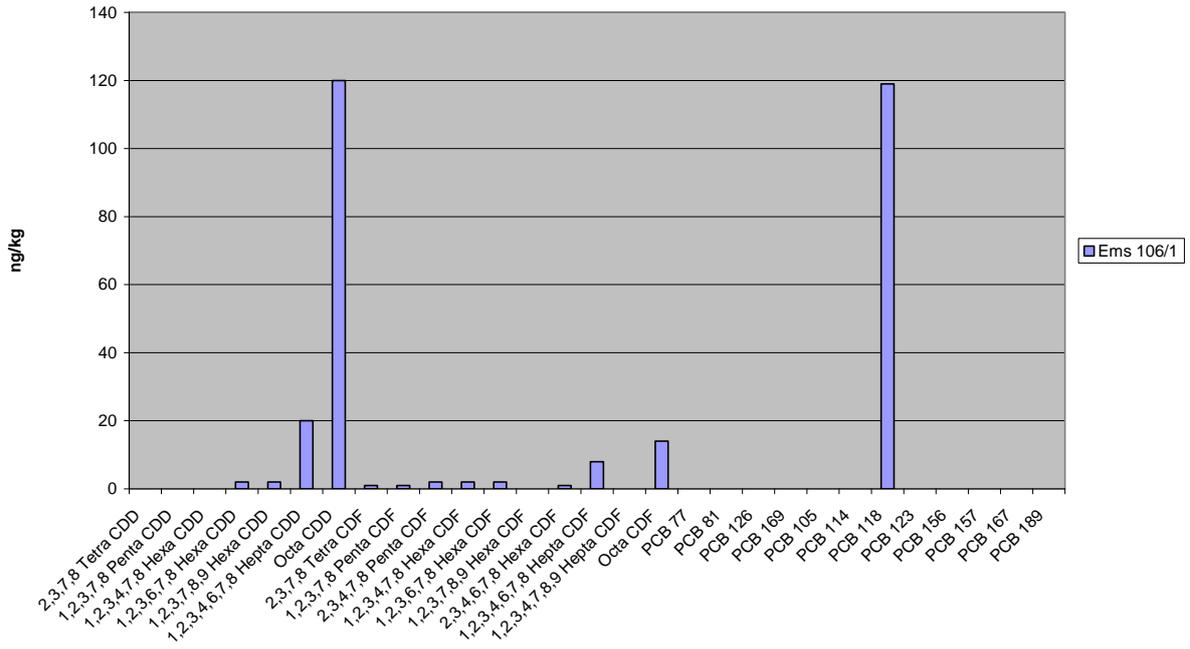
Boden LBEG



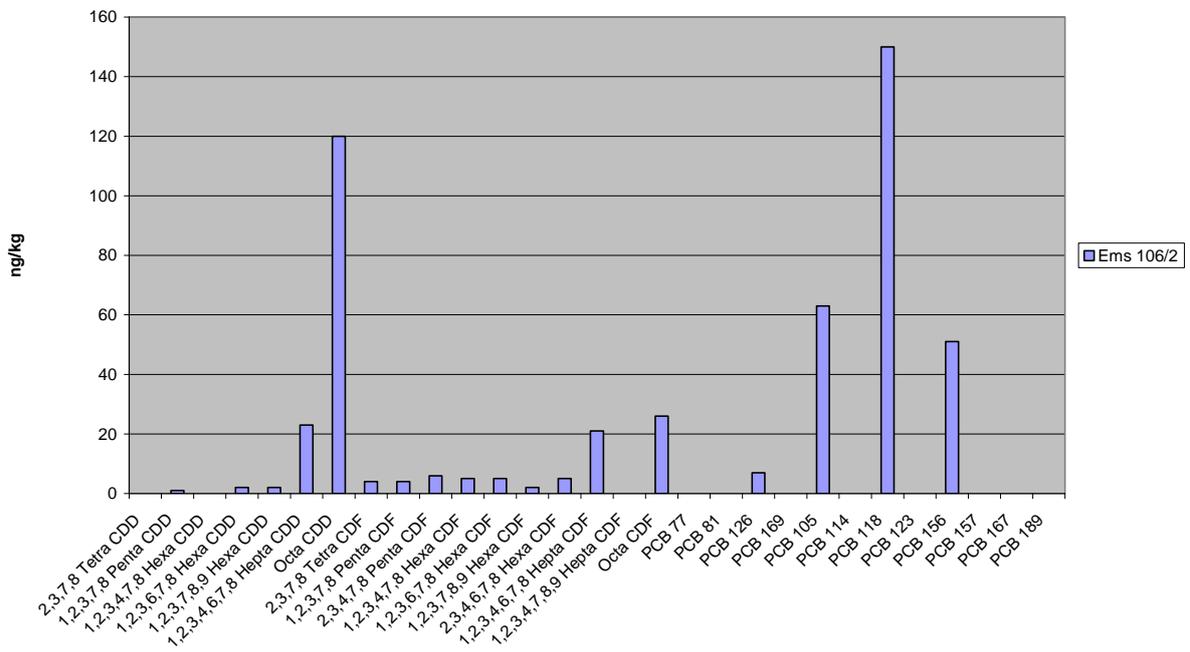
Boden LBEG



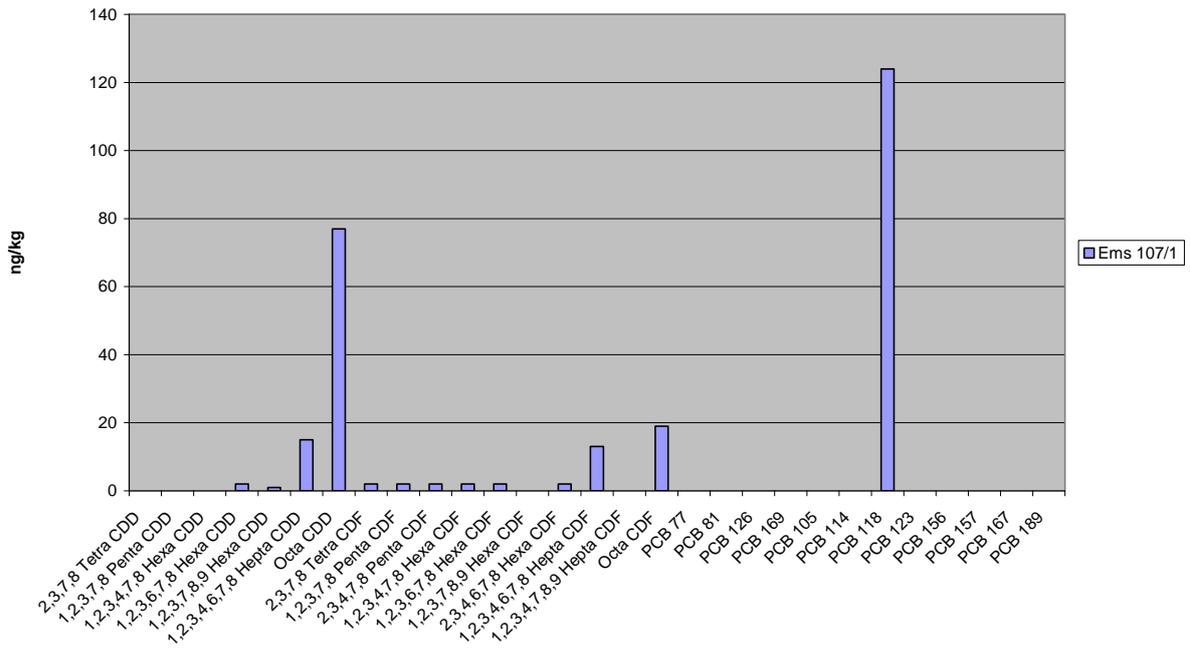
Boden LBEG



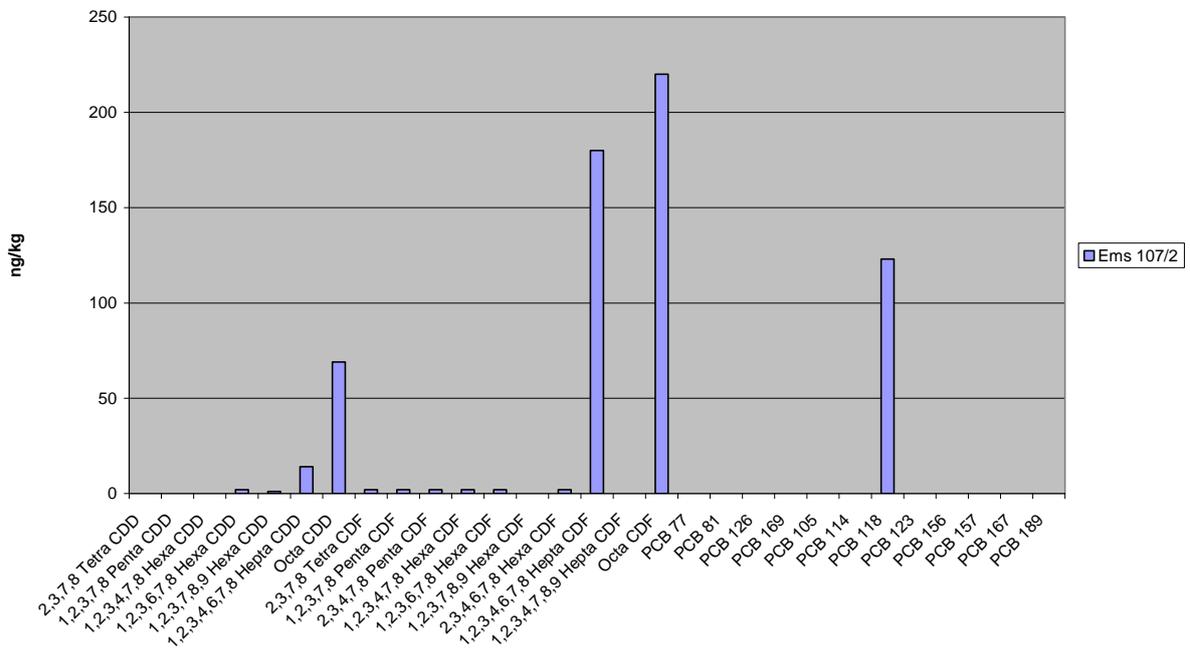
Boden LBEG



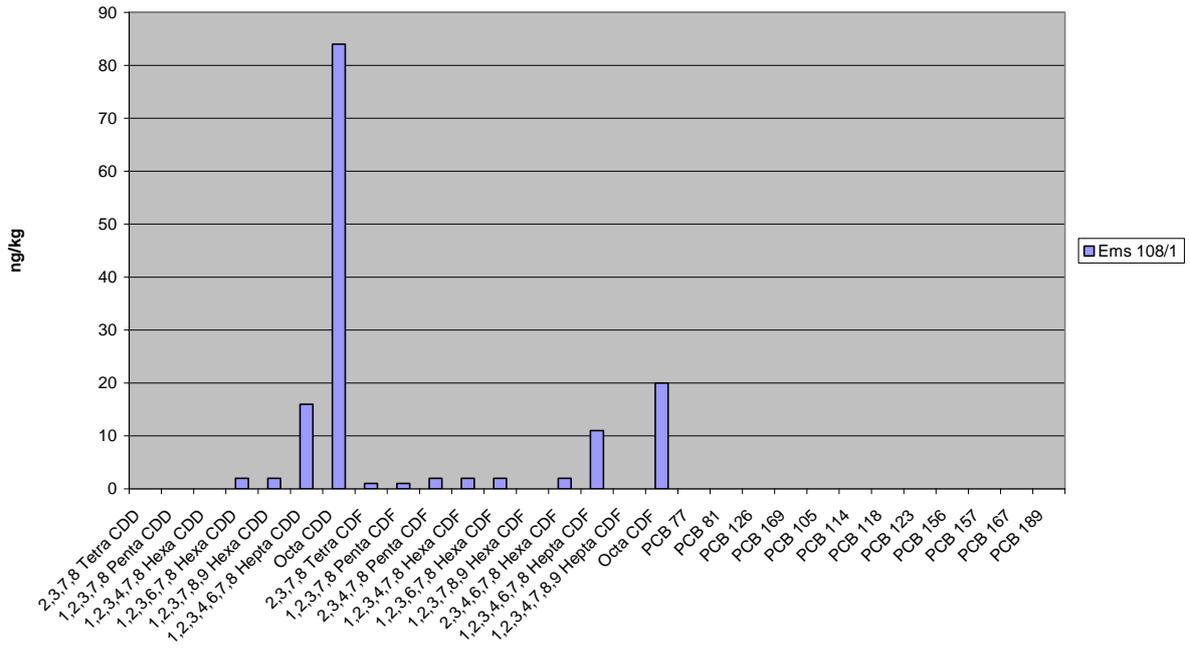
Boden LBEG



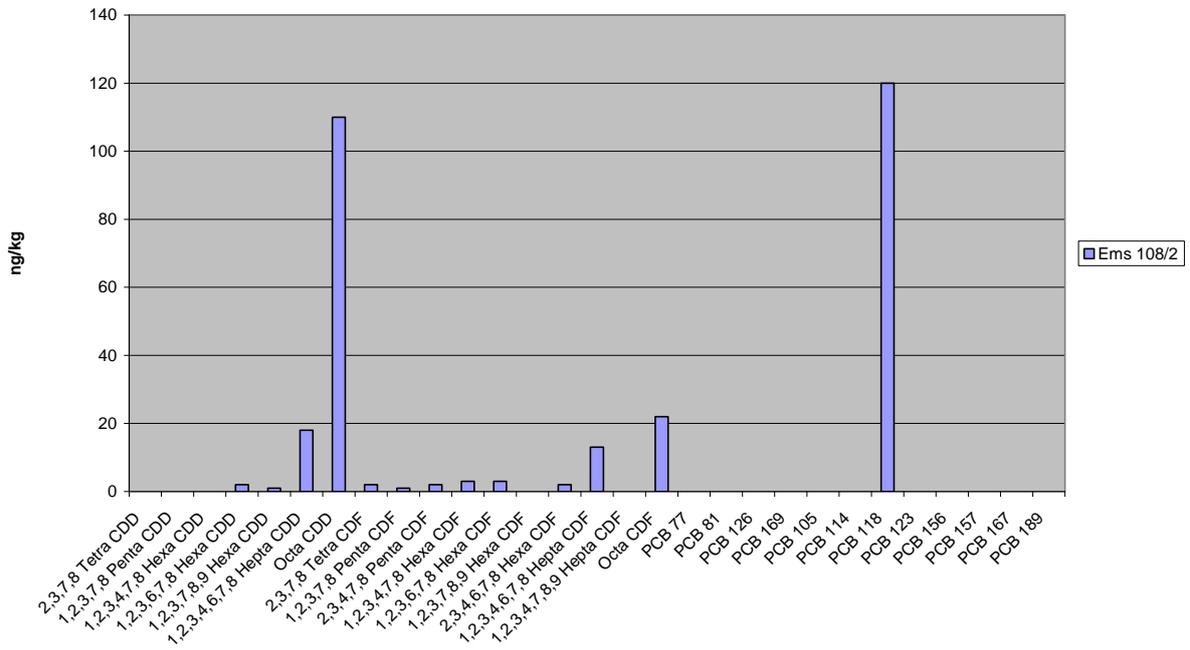
Boden LBEG



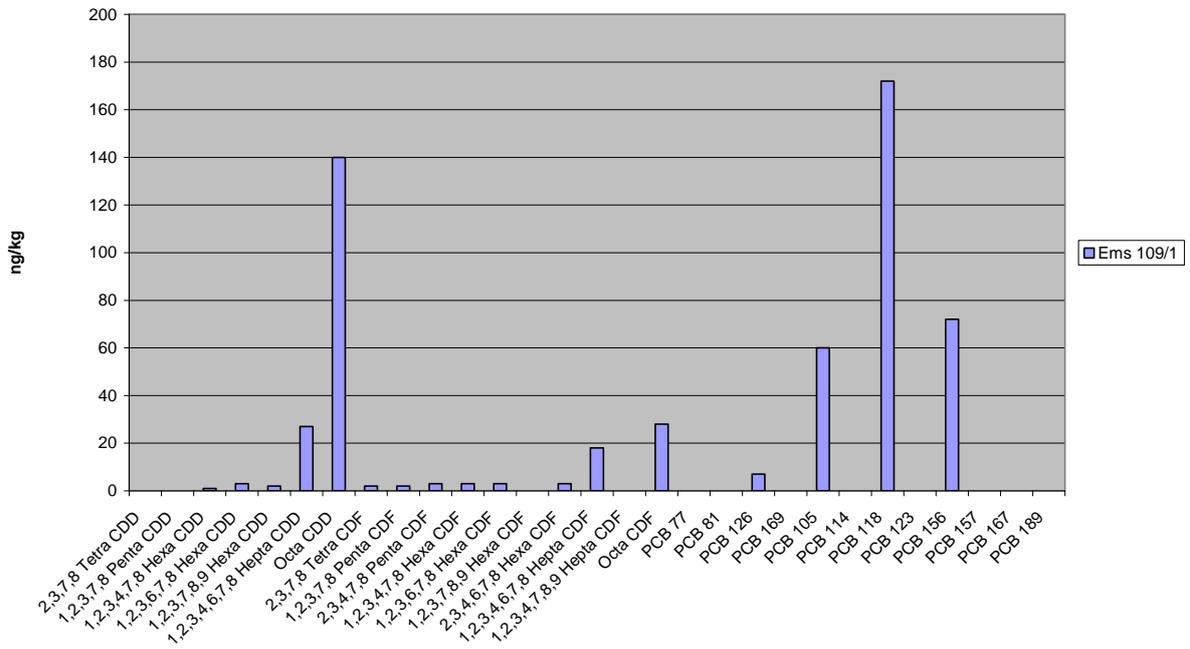
Boden LBEG



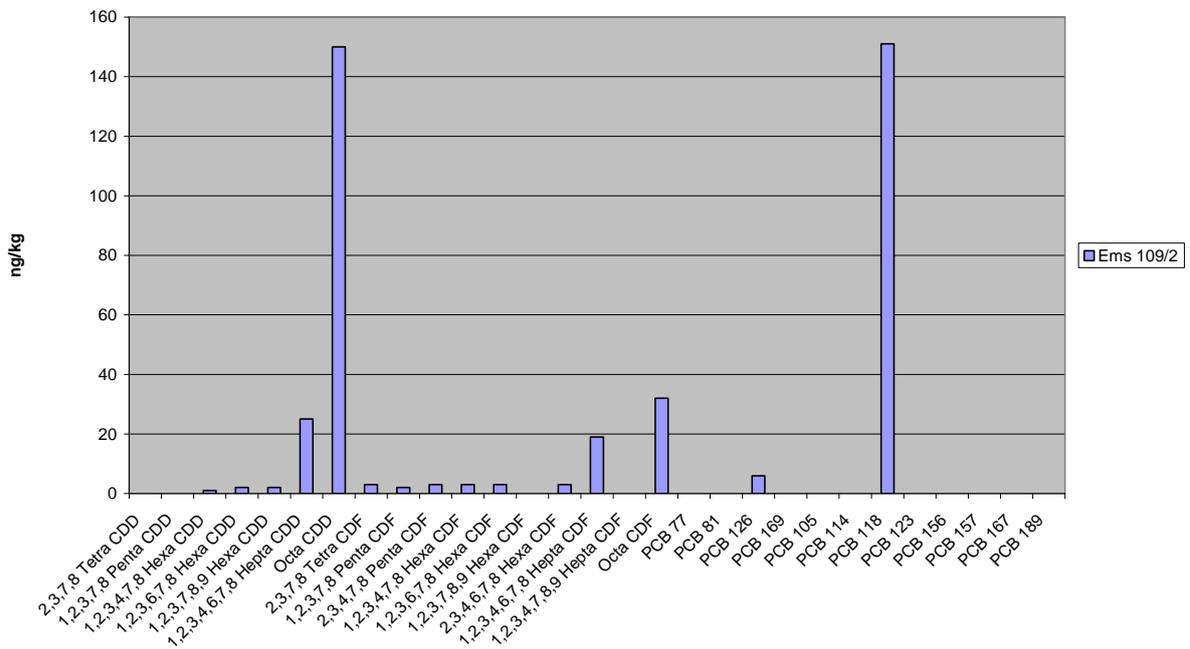
Boden LBEG



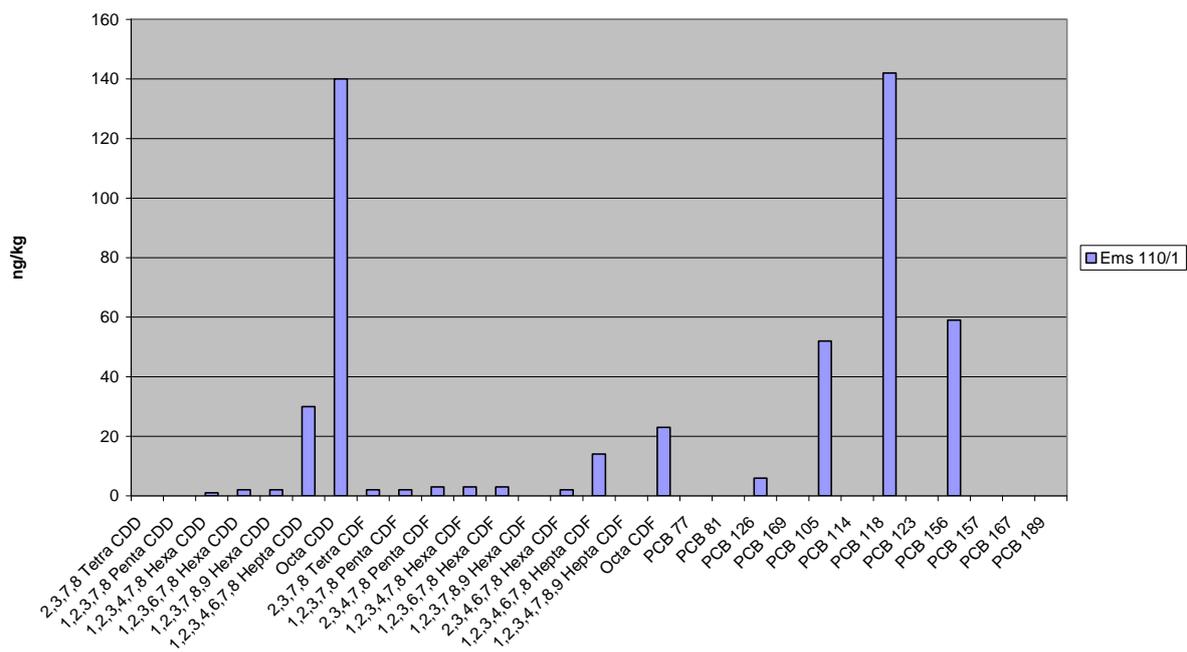
Boden LBEG



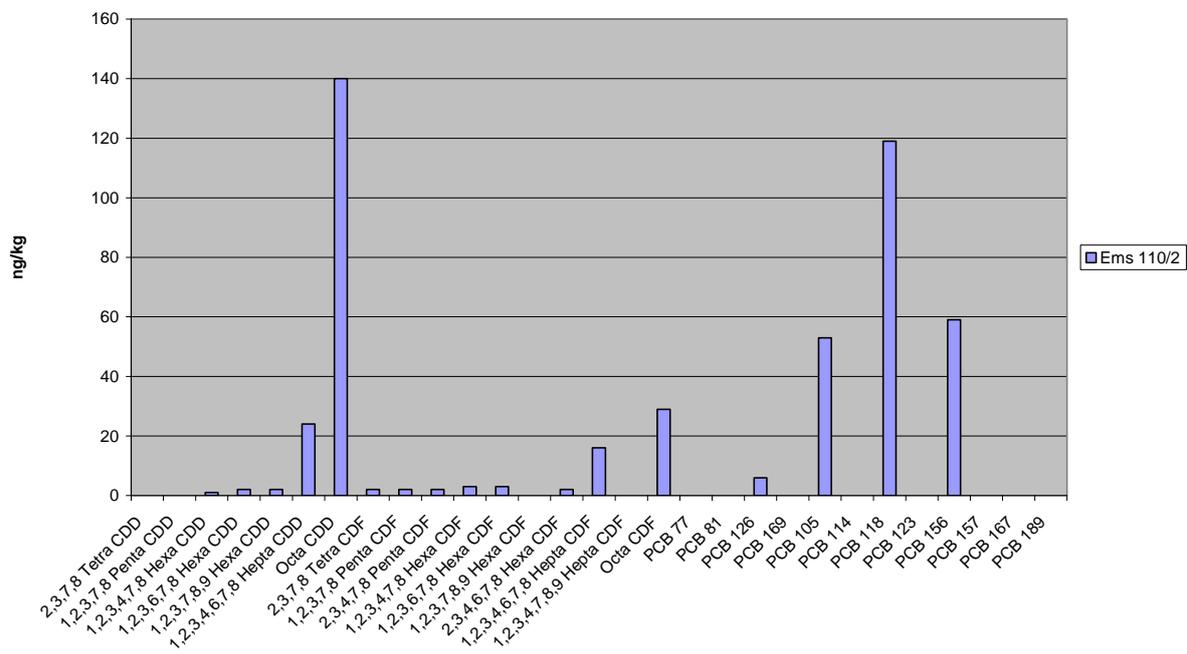
Boden LBEG



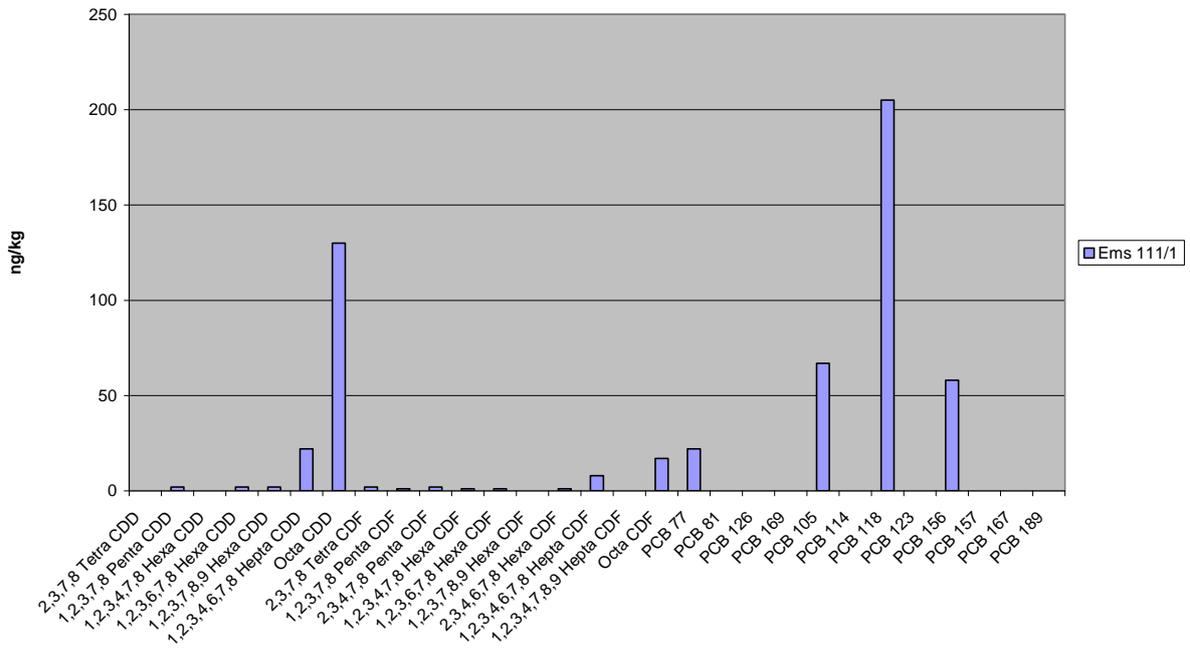
Boden LBEG



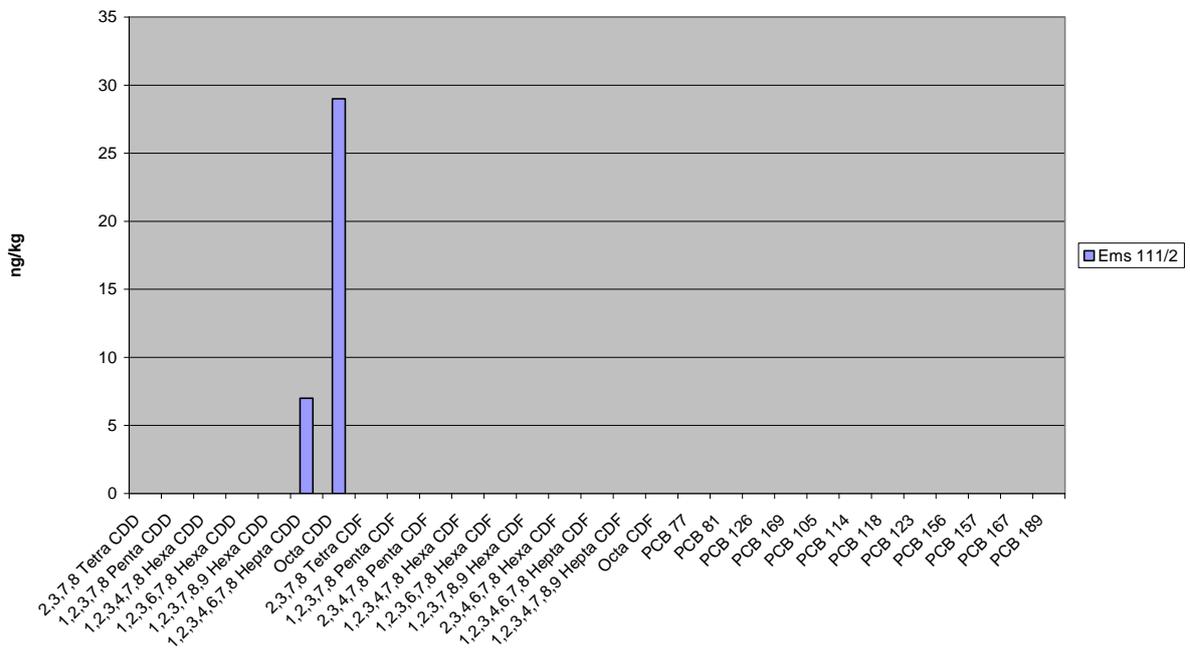
Boden LBEG



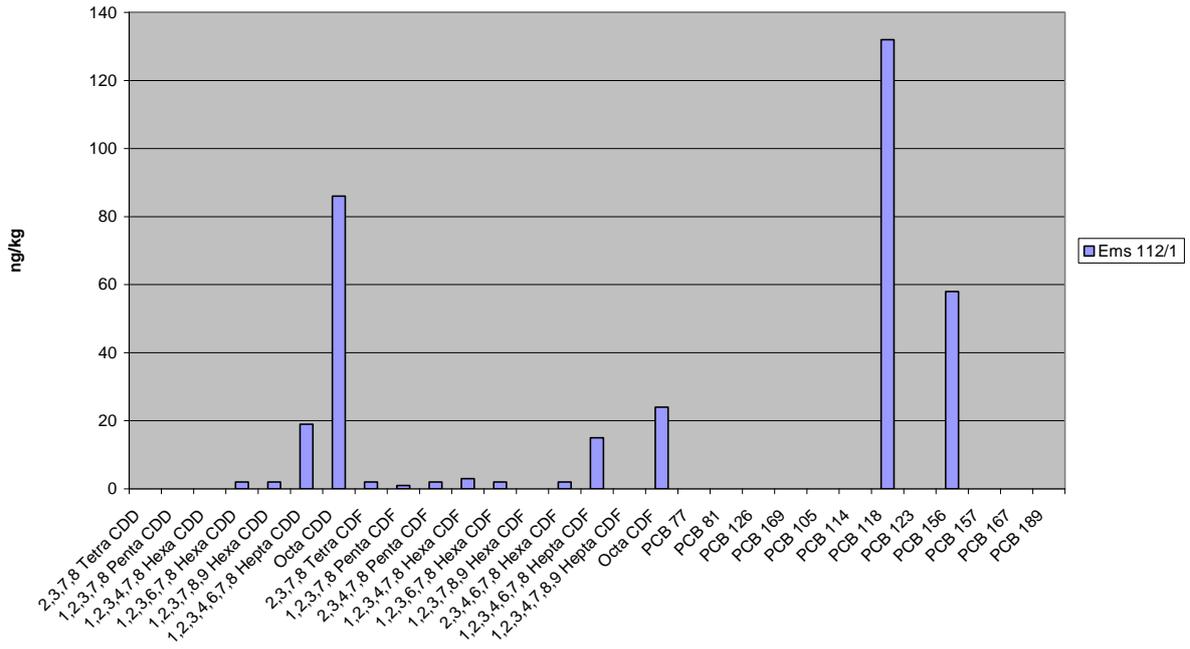
Boden LBEG



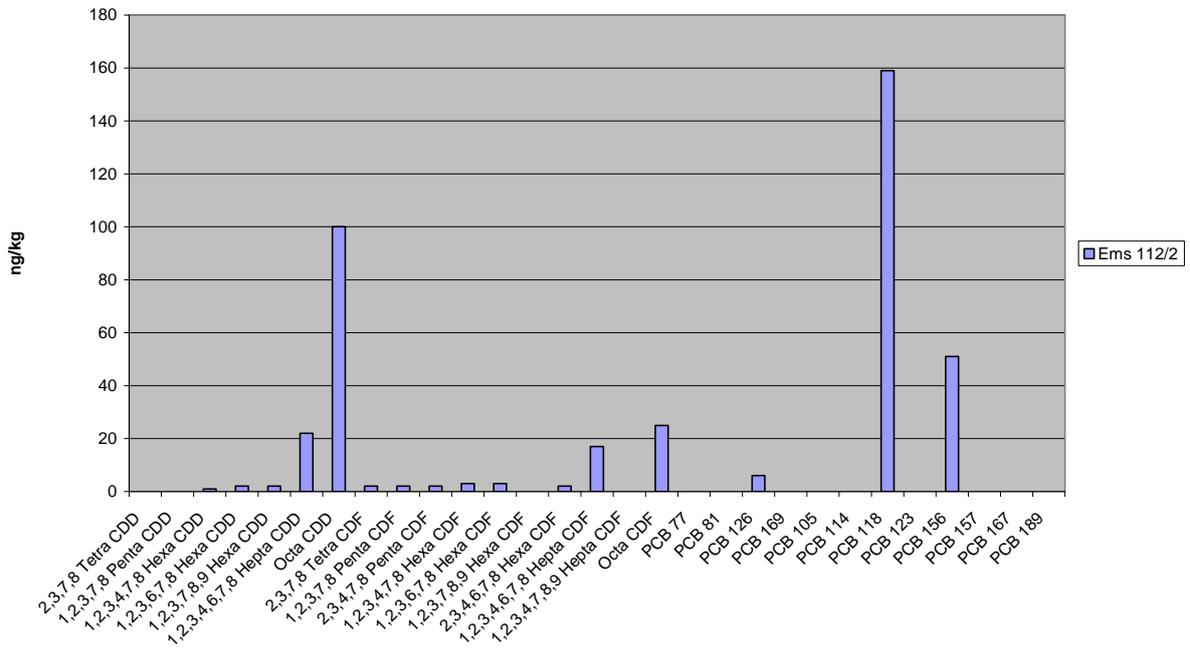
Boden LBEG



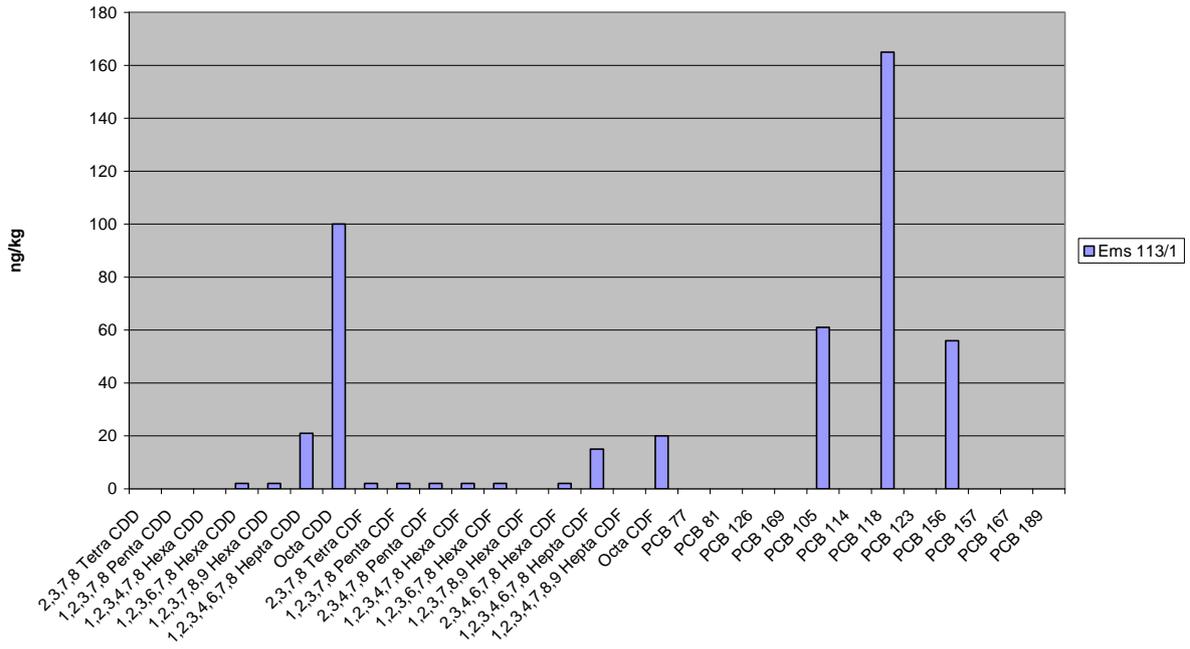
Boden LBEG



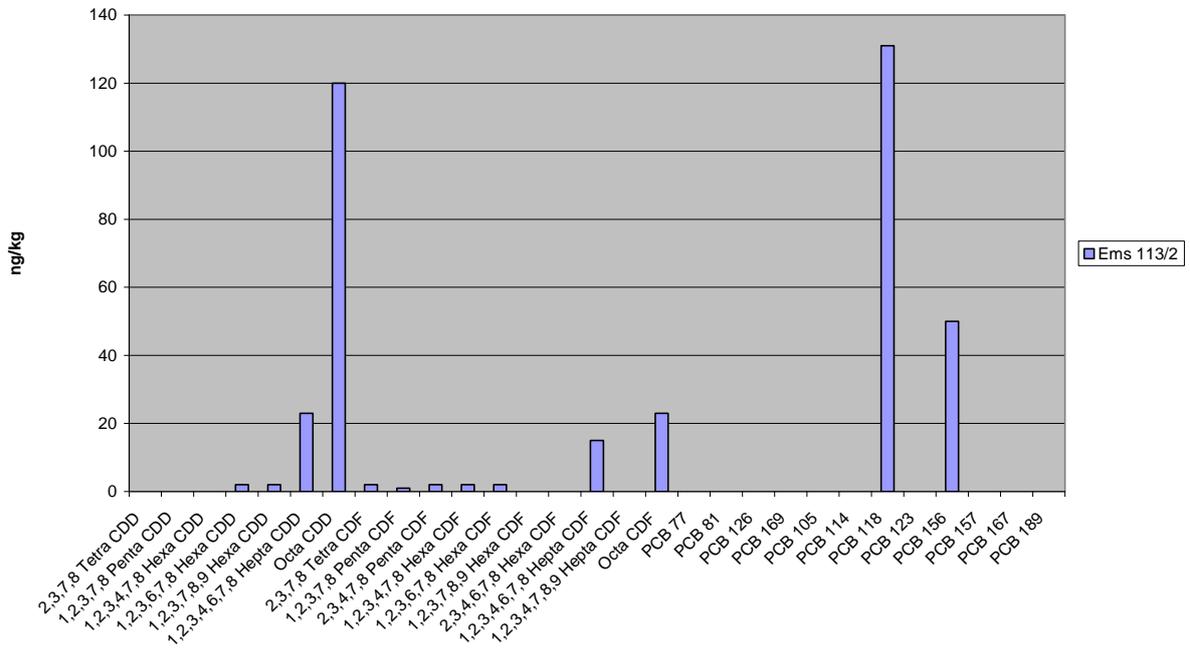
Boden LBEG



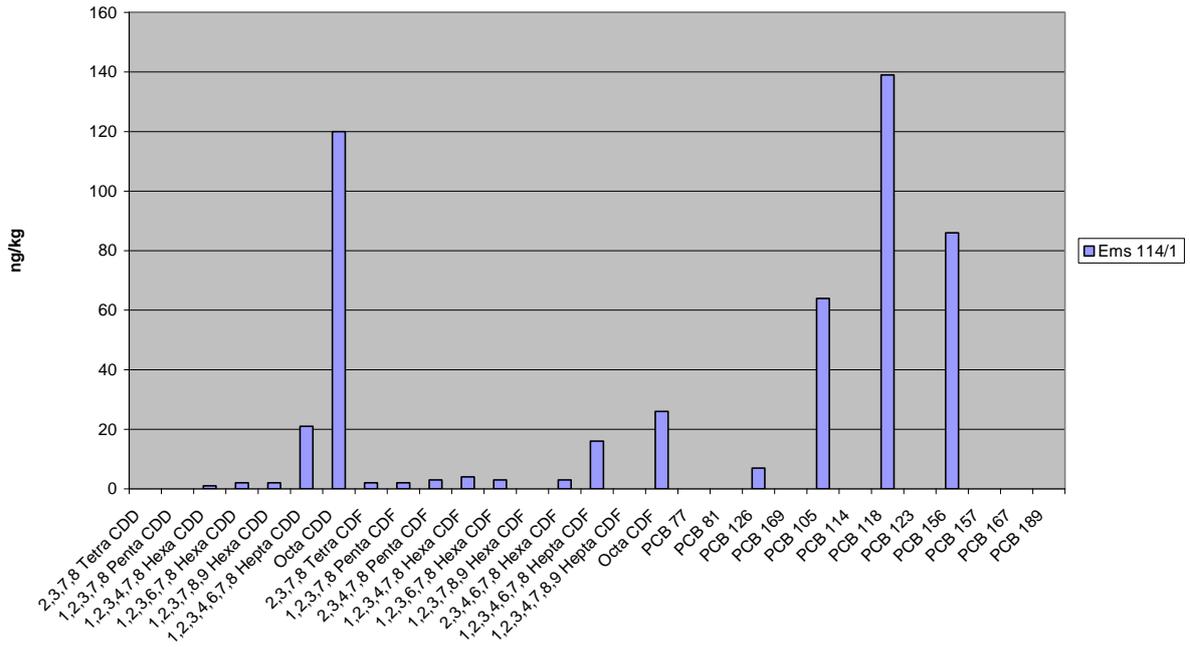
Boden LBEG



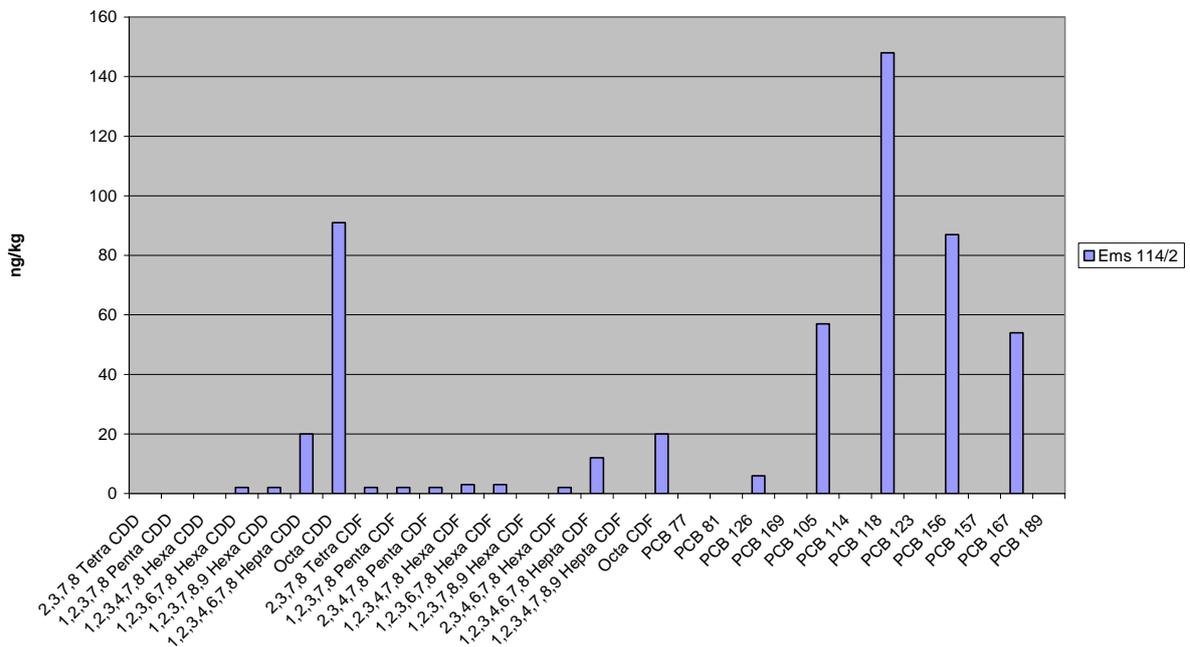
Boden LBEG



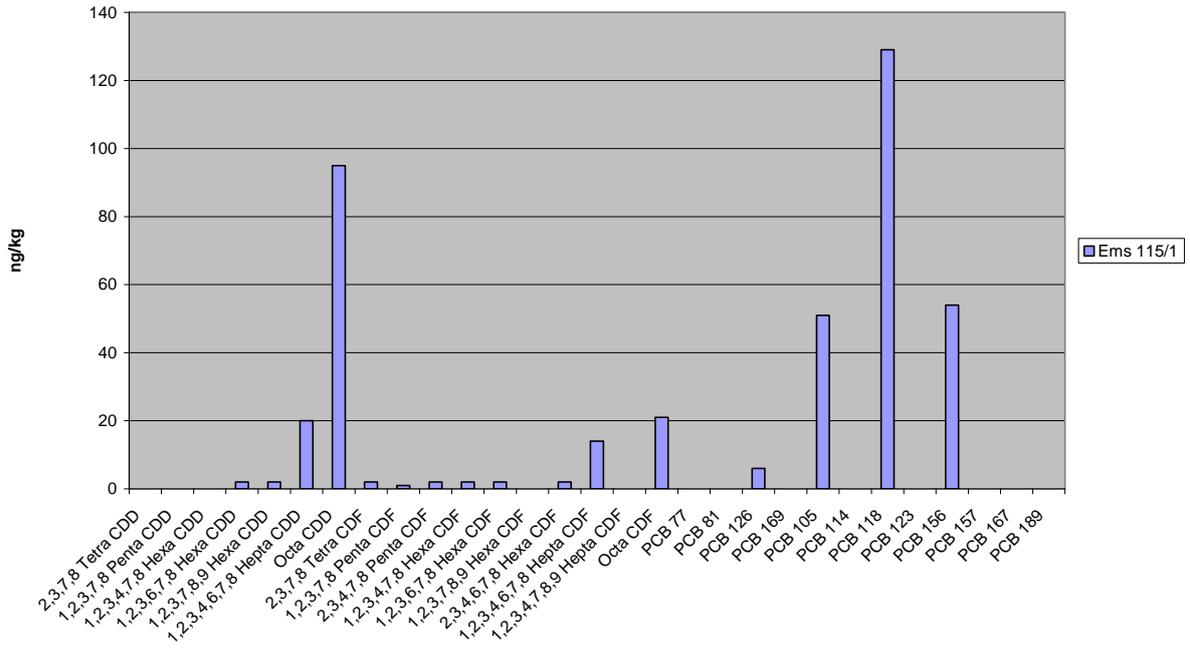
Boden LBEG



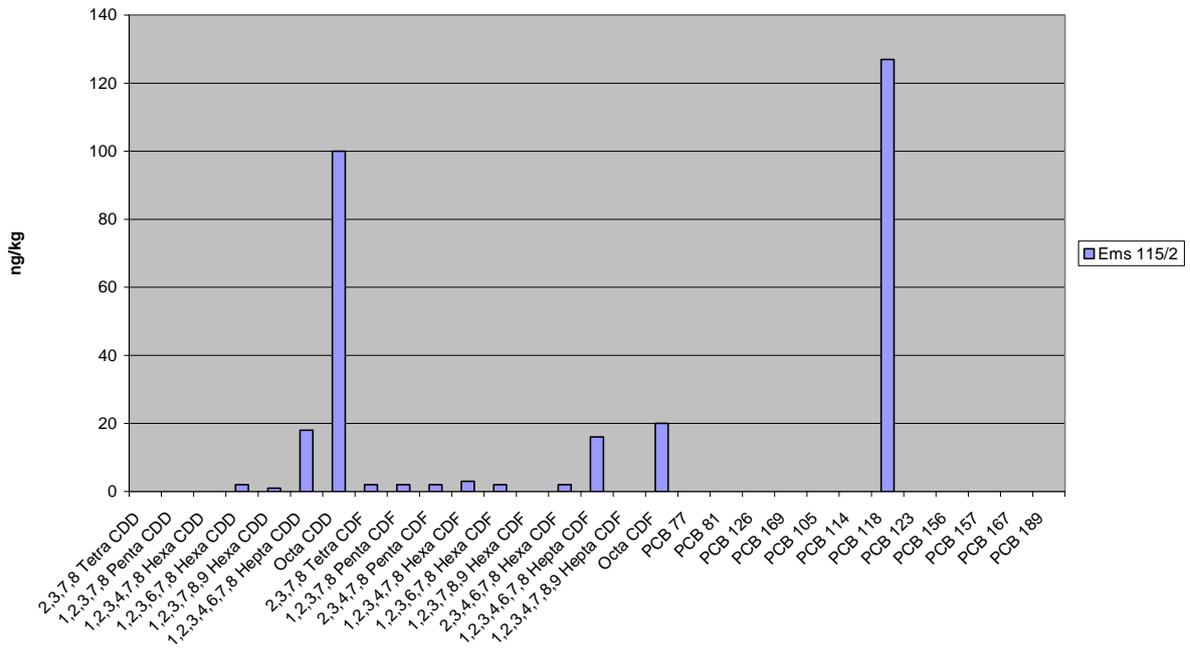
Boden LBEG



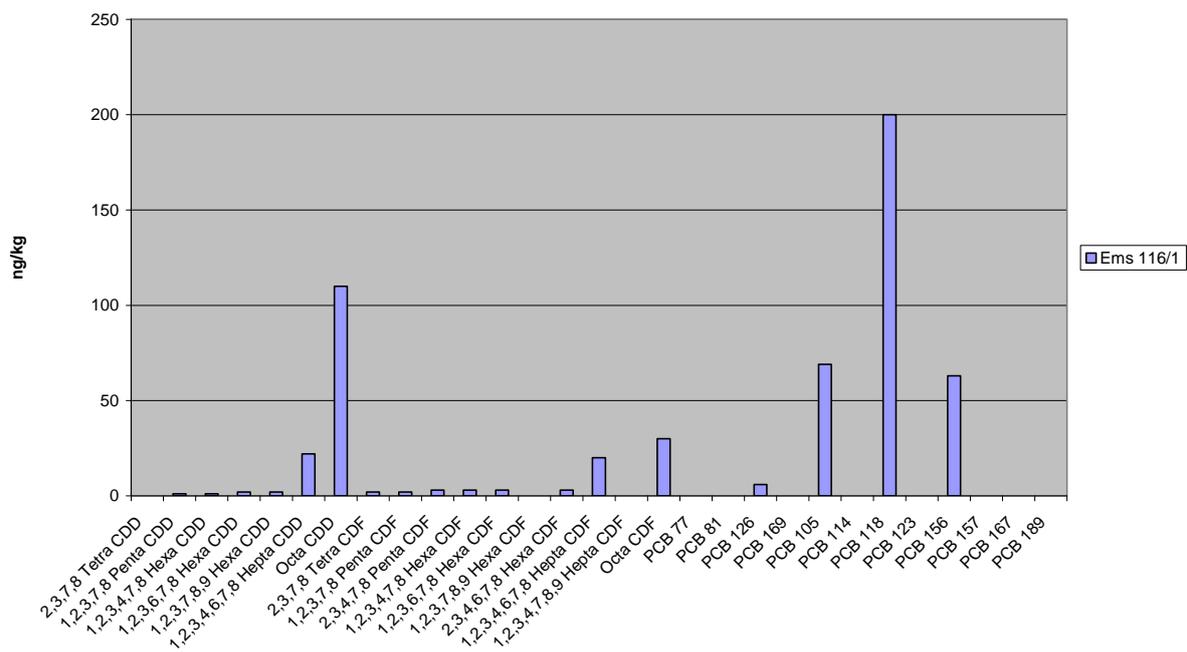
Boden LBEG



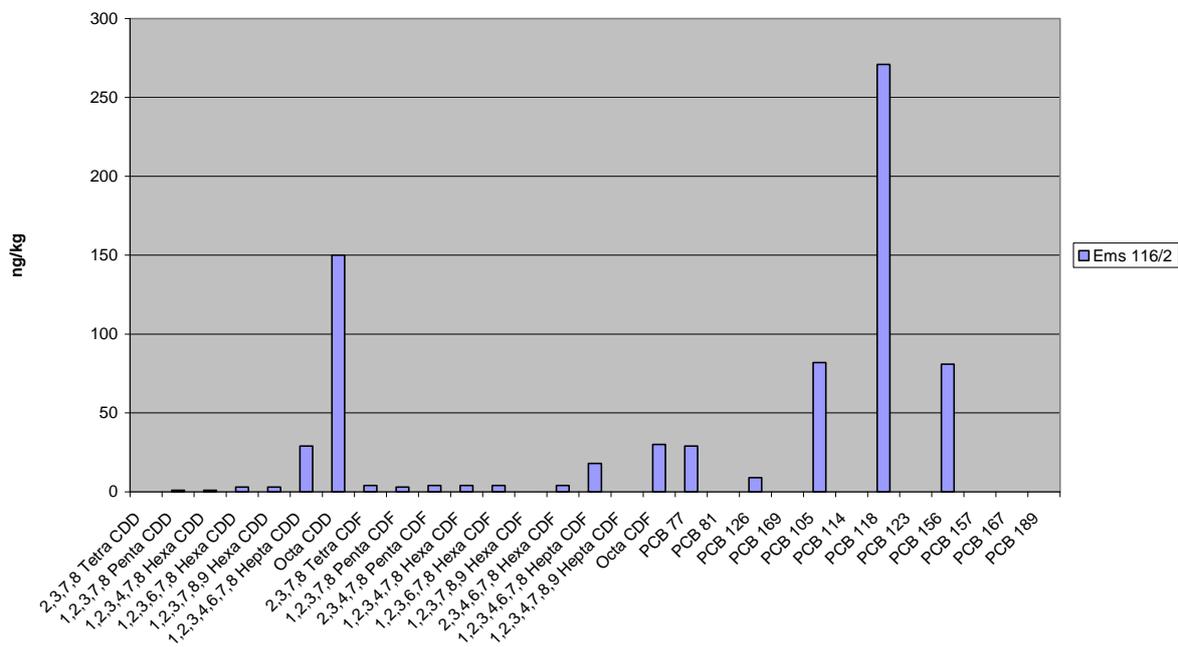
Boden LBEG



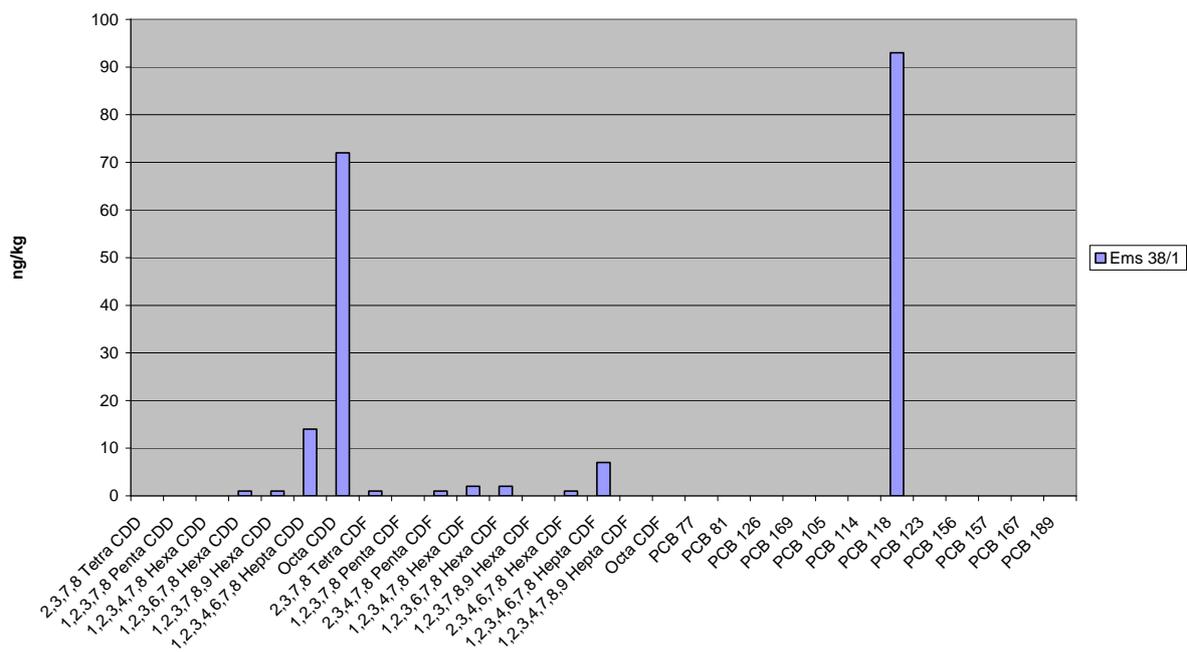
Boden LBEG



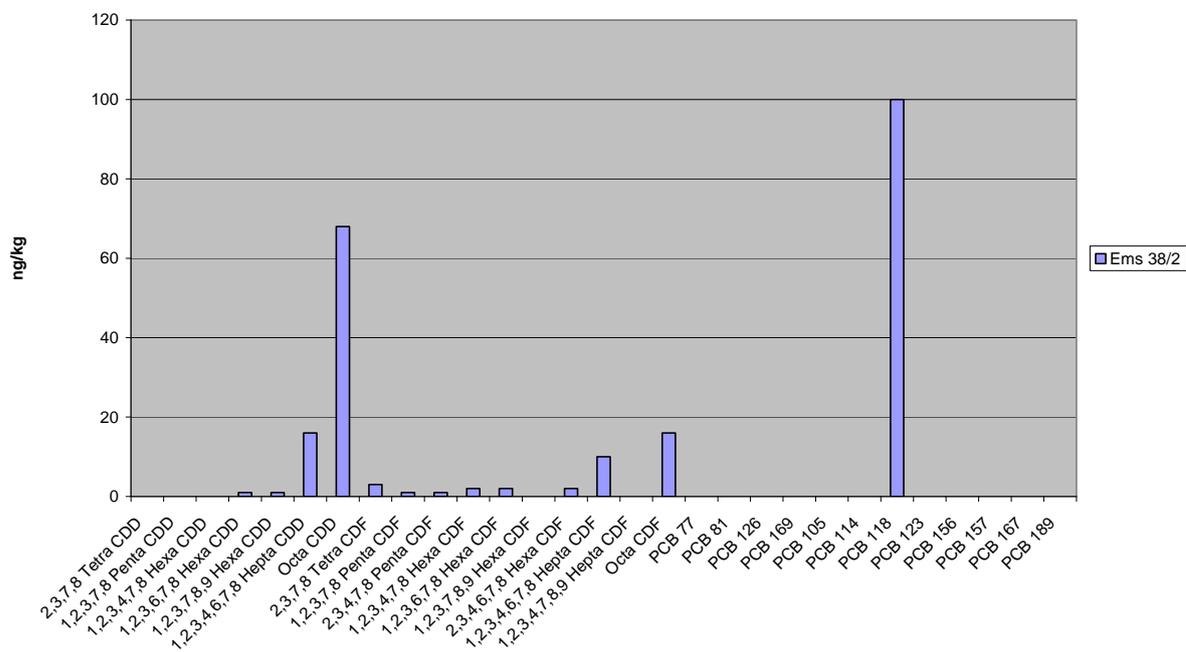
Boden LBEG



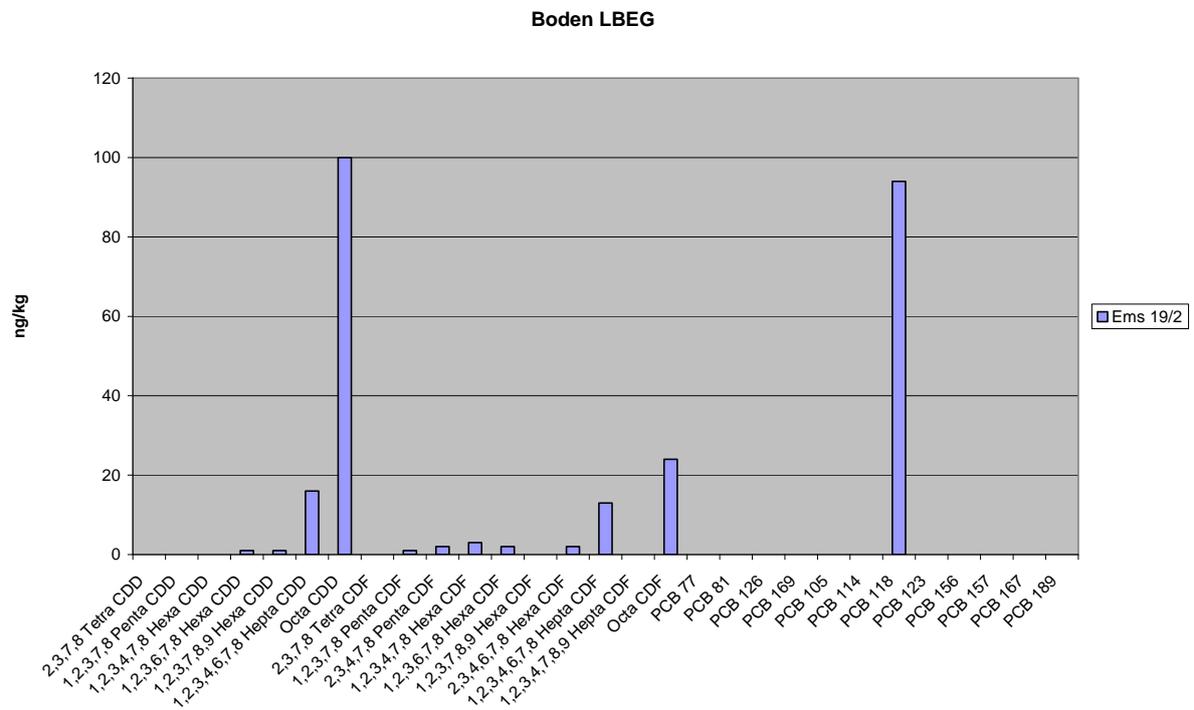
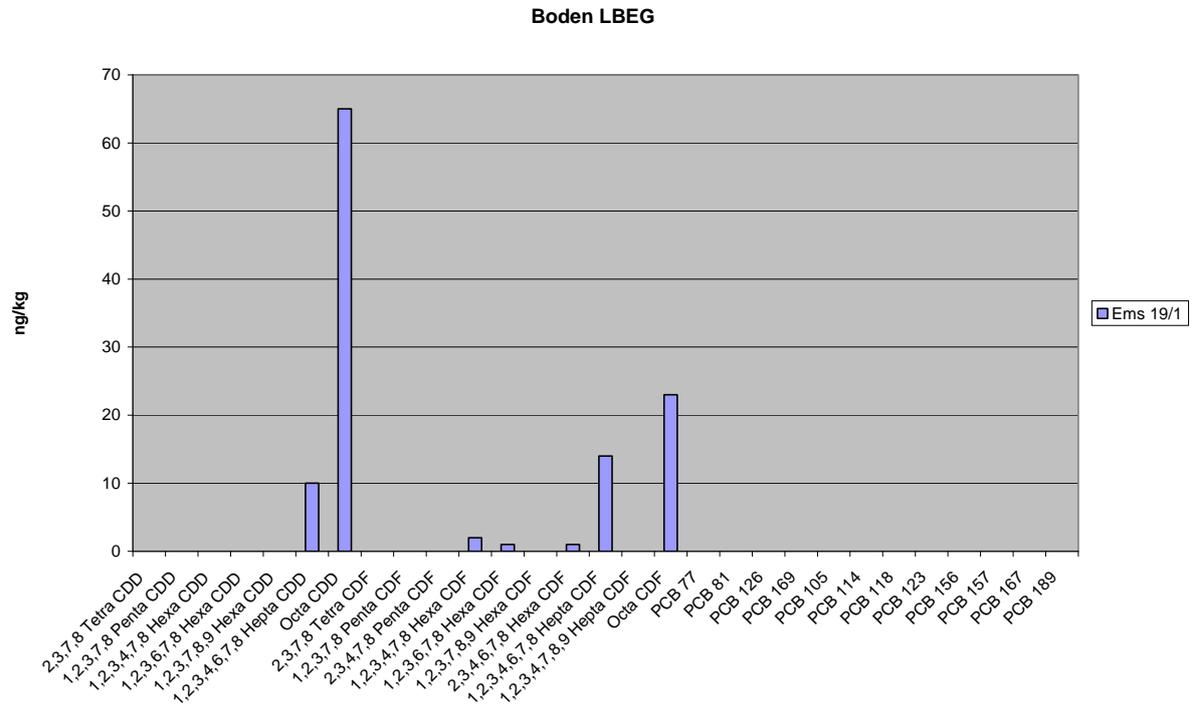
Boden LBEG



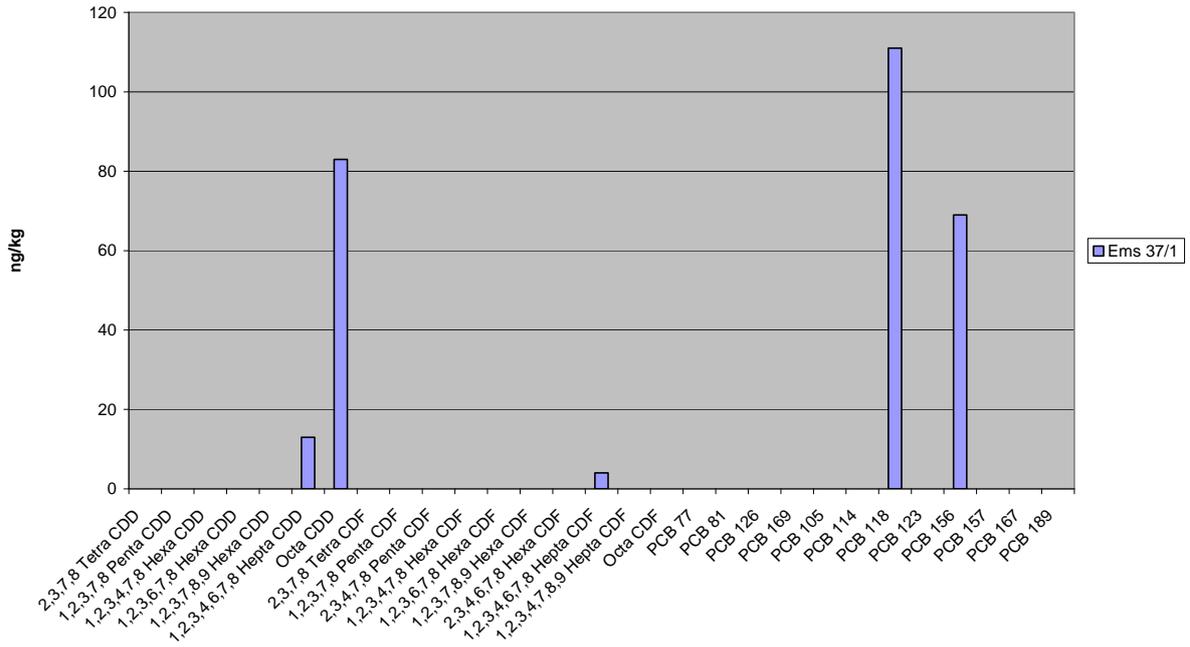
Boden LBEG



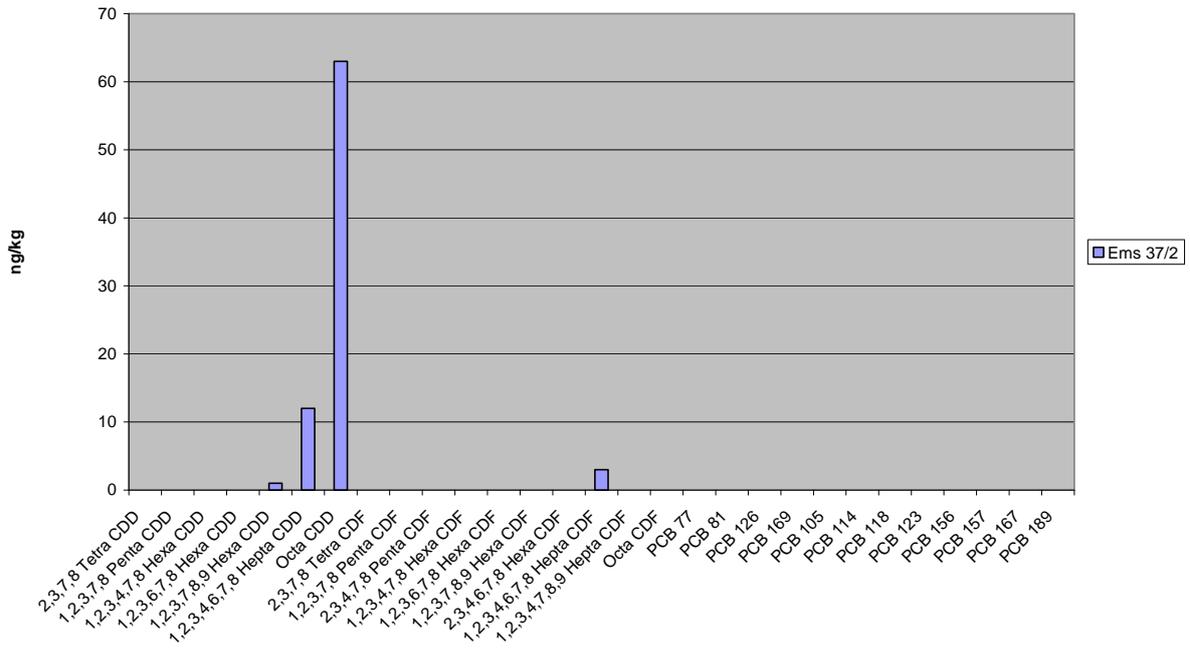
Weitere an der Ems ermittelte Kongenerenmuster, mit „Auffälligkeiten“



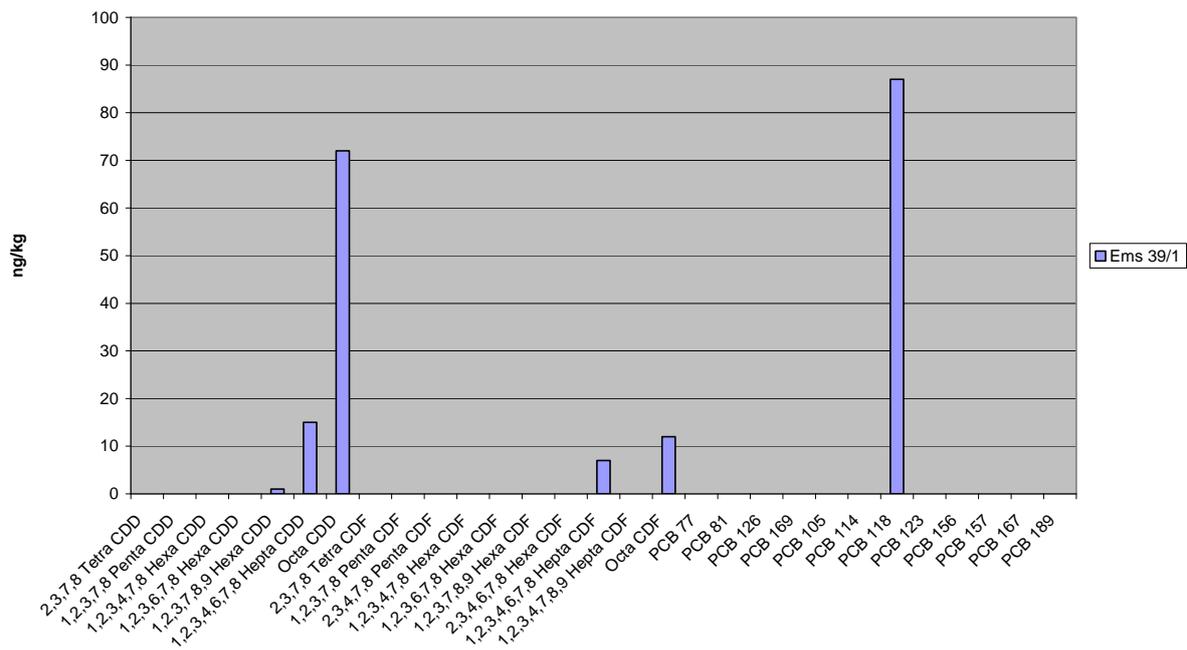
Boden LBEG



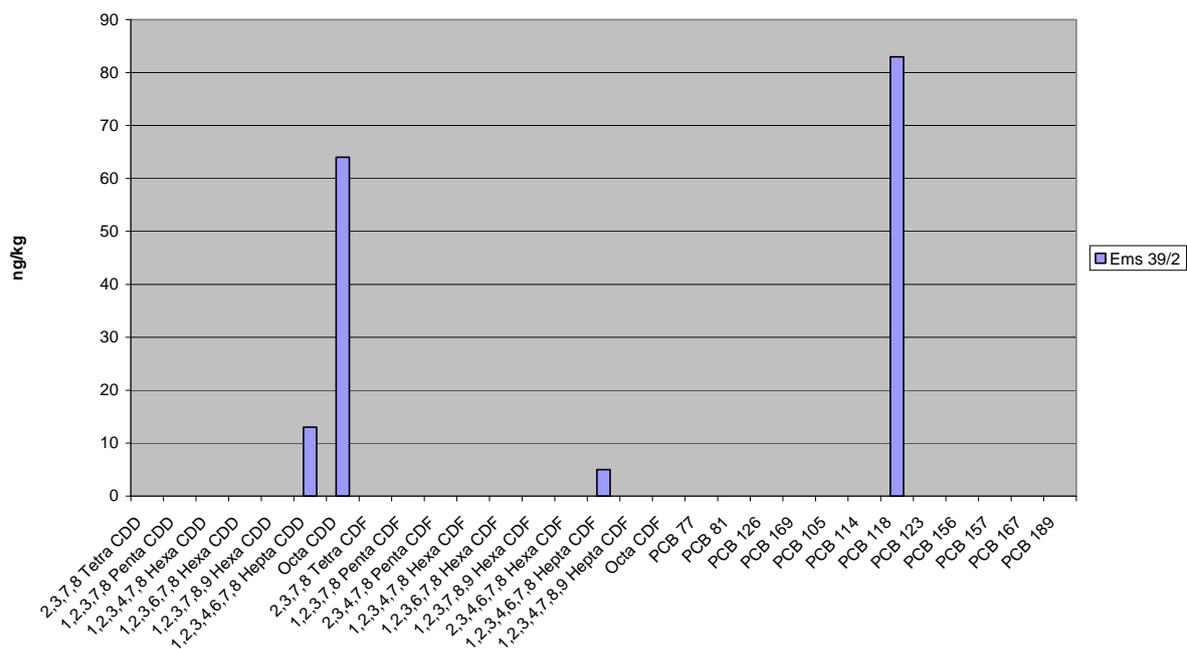
Boden LBEG



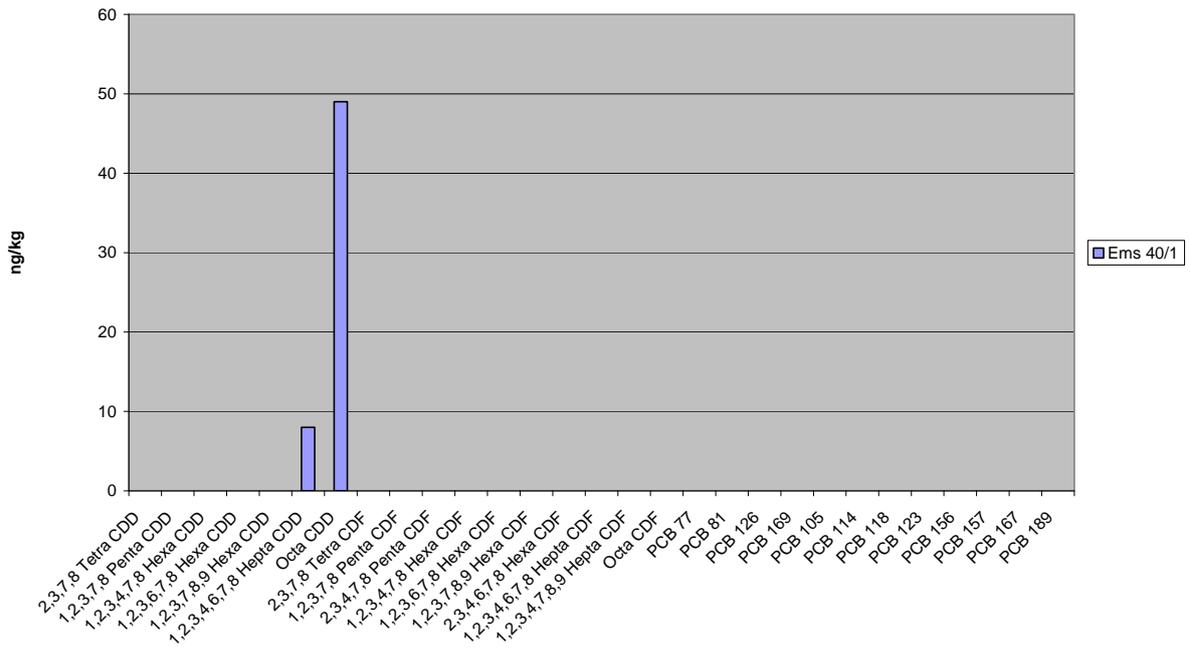
Boden LBEG



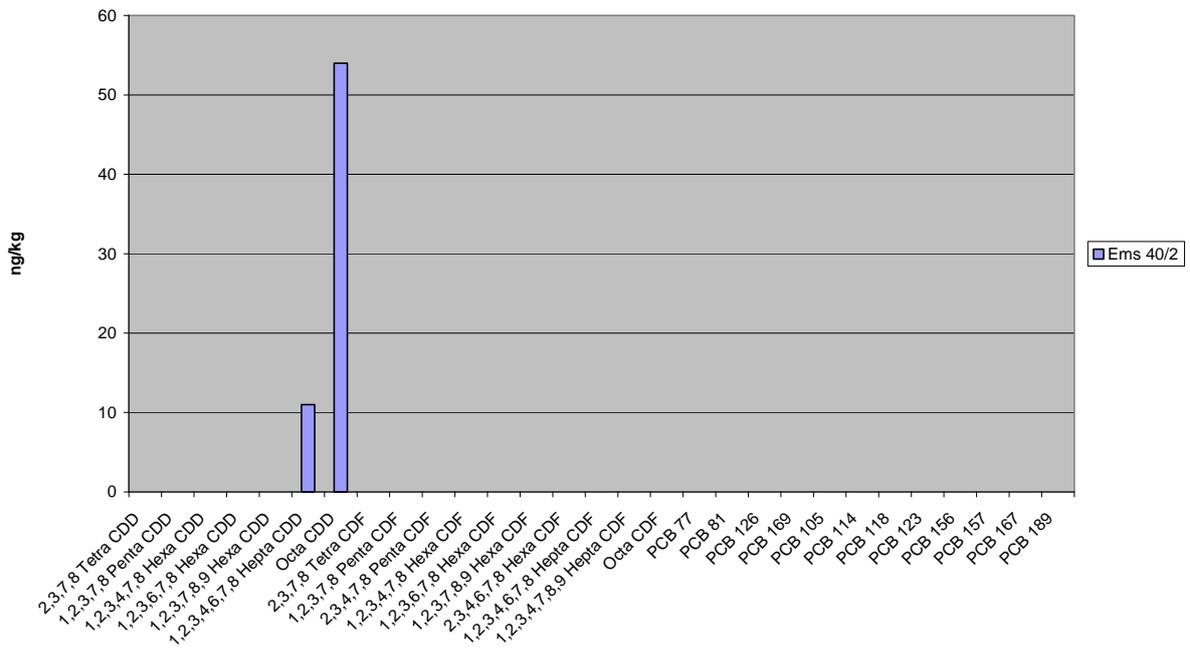
Boden LBEG



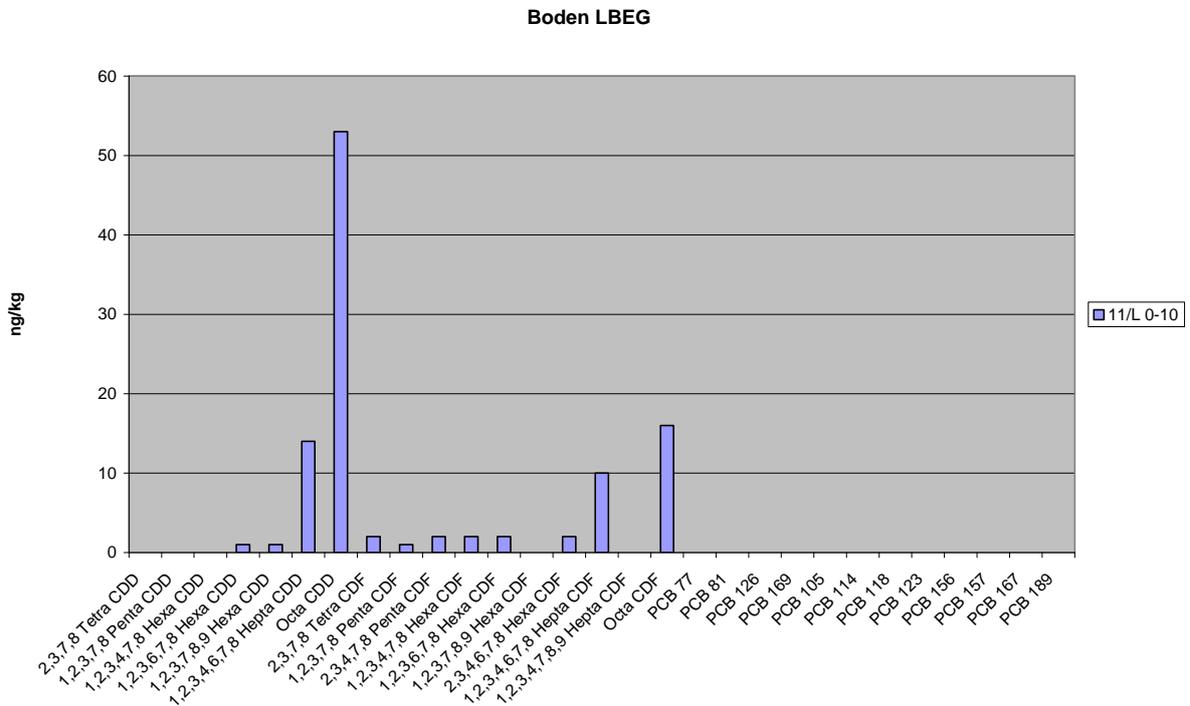
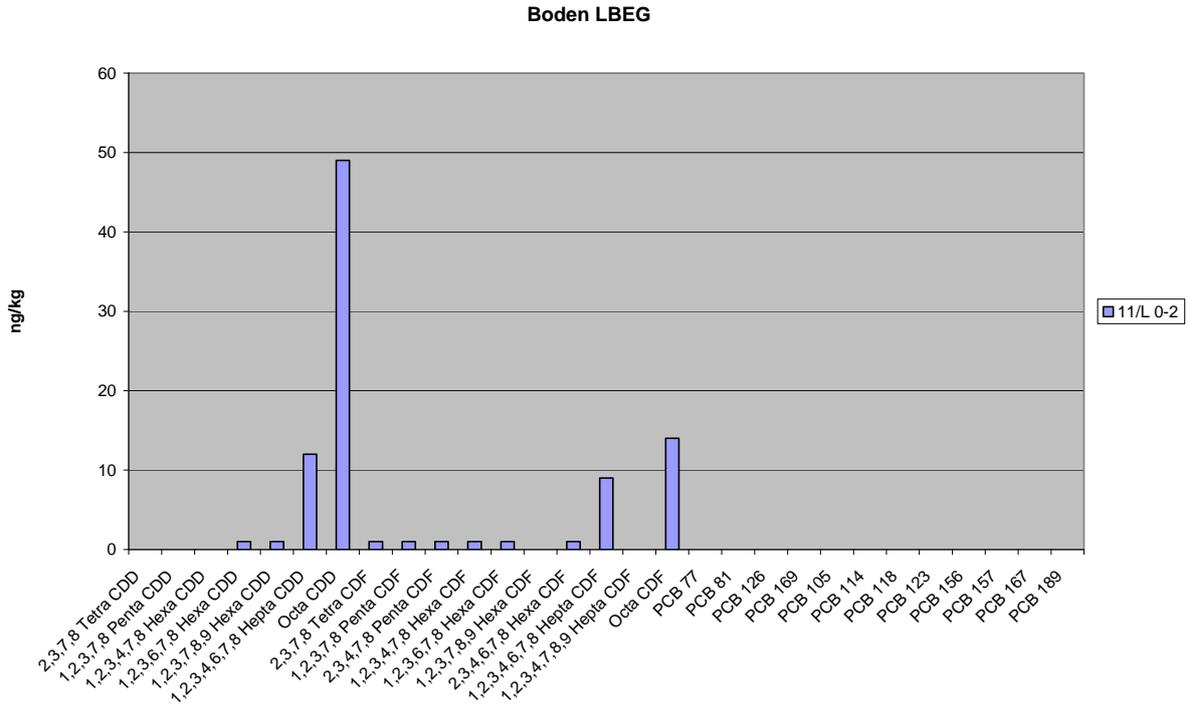
Boden LBEG



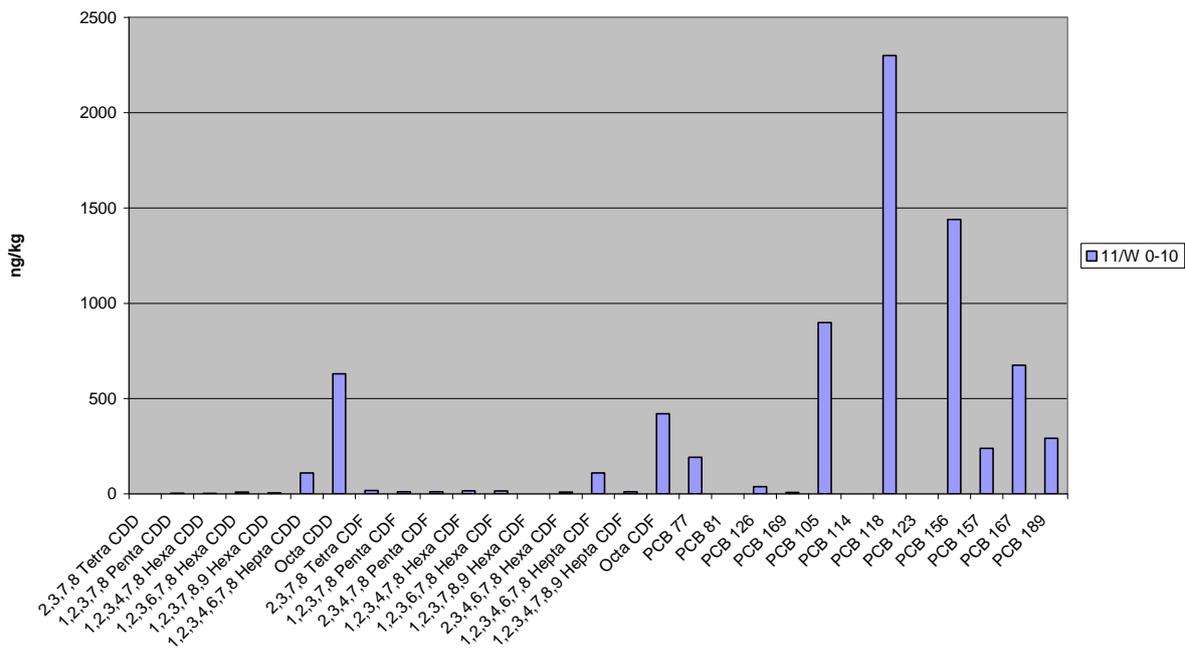
Boden LBEG



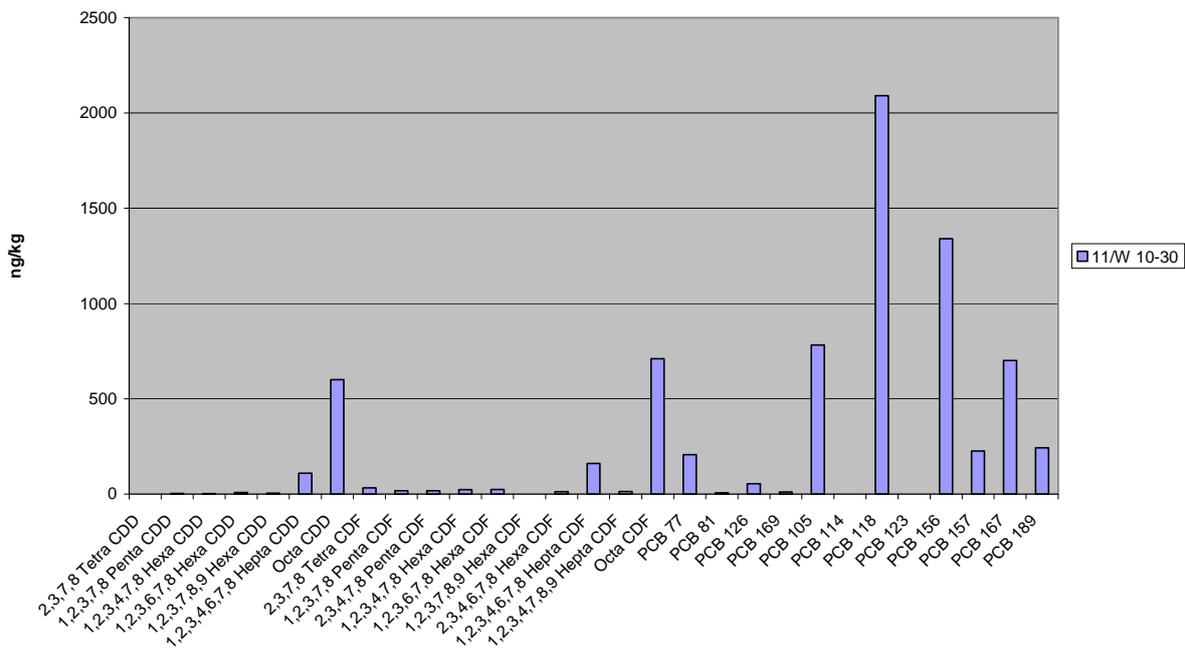
Gesamtschau der an der Weser ermittelten Kongenerenmuster



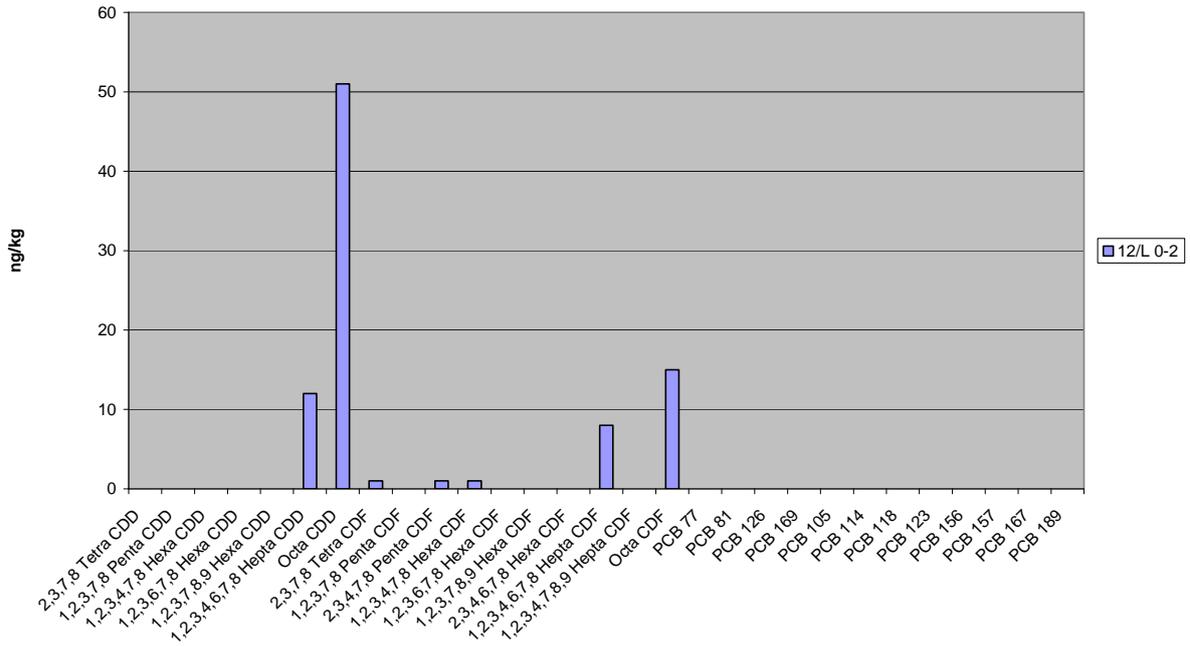
11_W 0-10



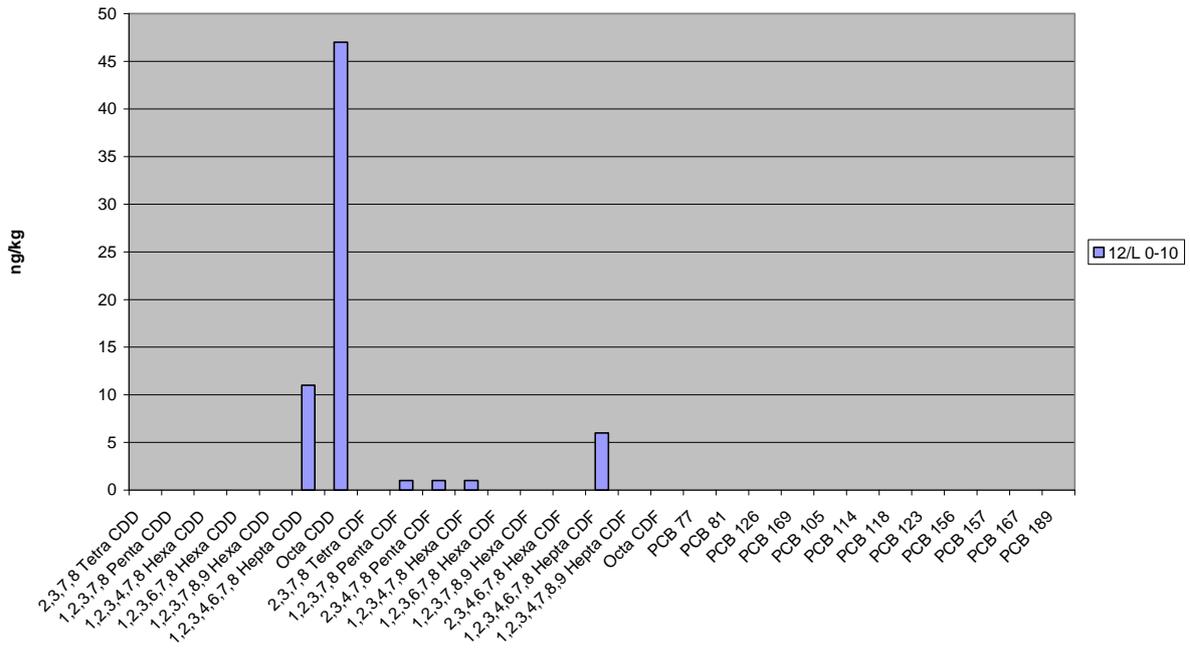
Boden LBEG



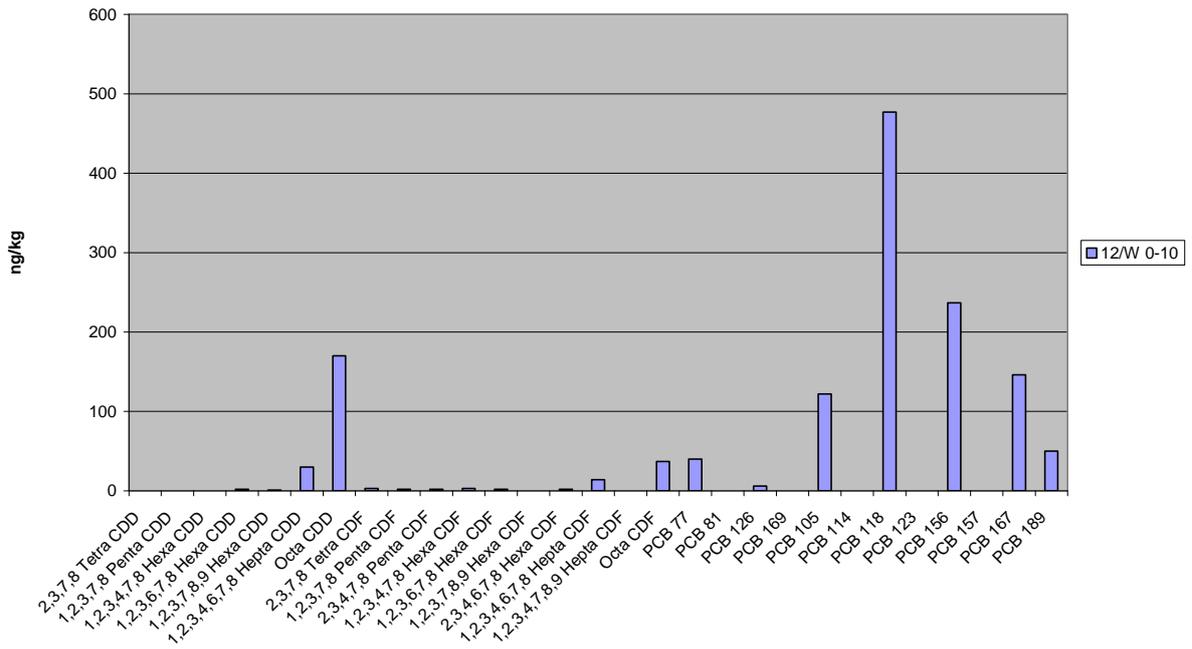
Boden LBEG



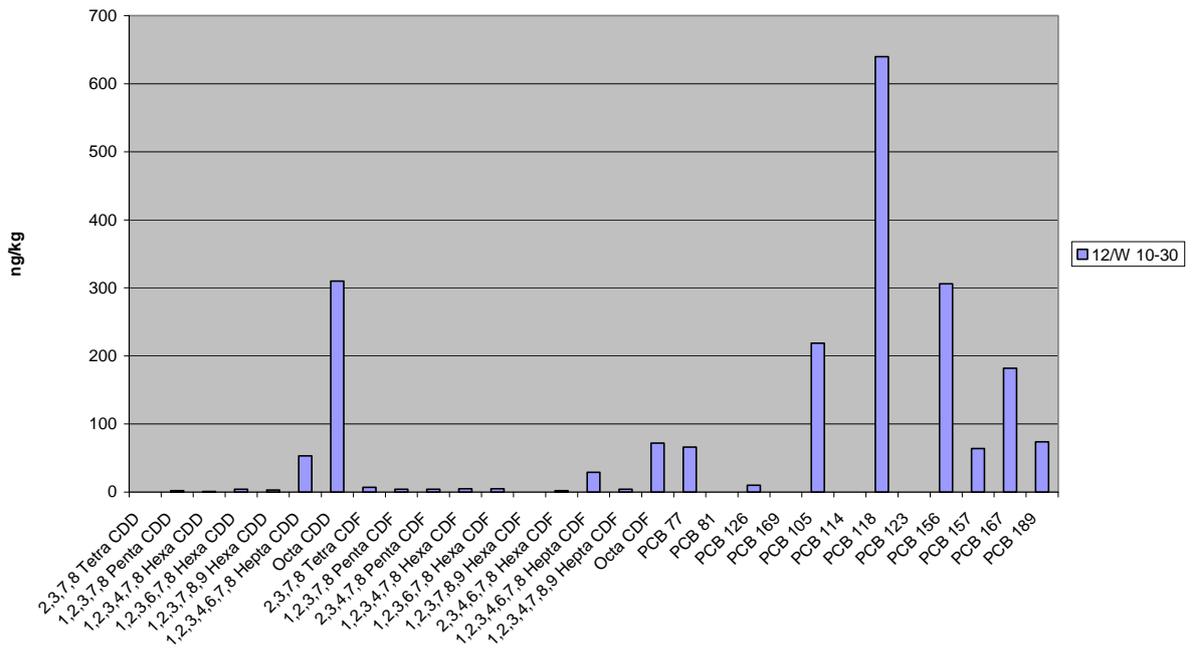
Boden LBEG



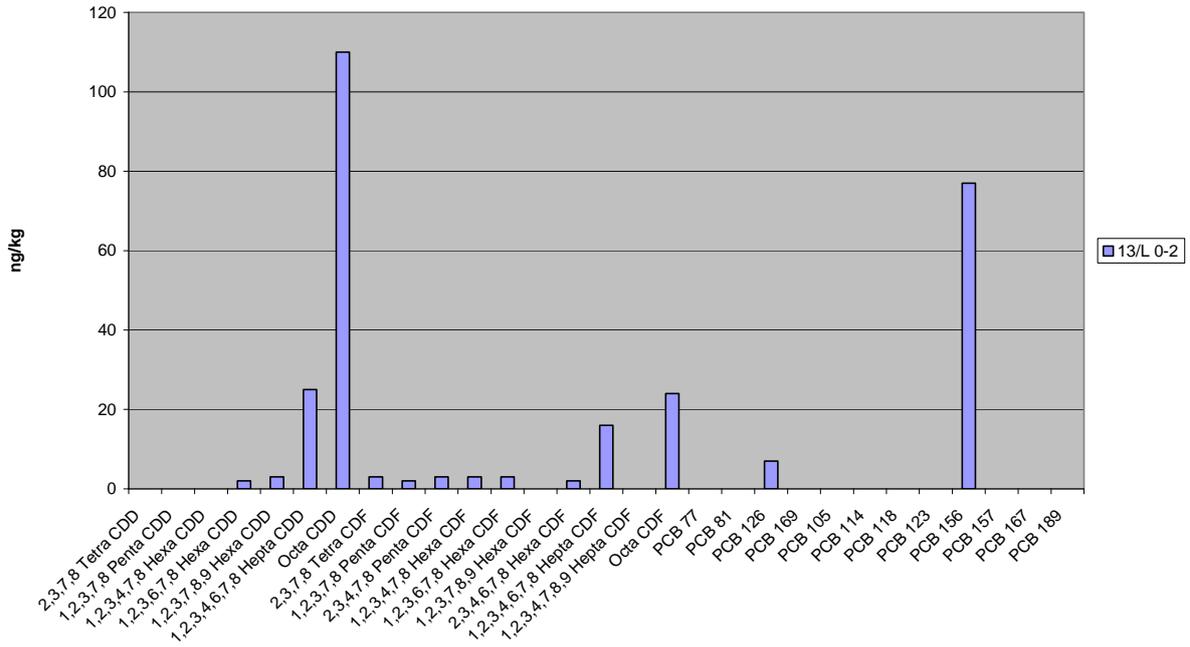
Boden LBEG



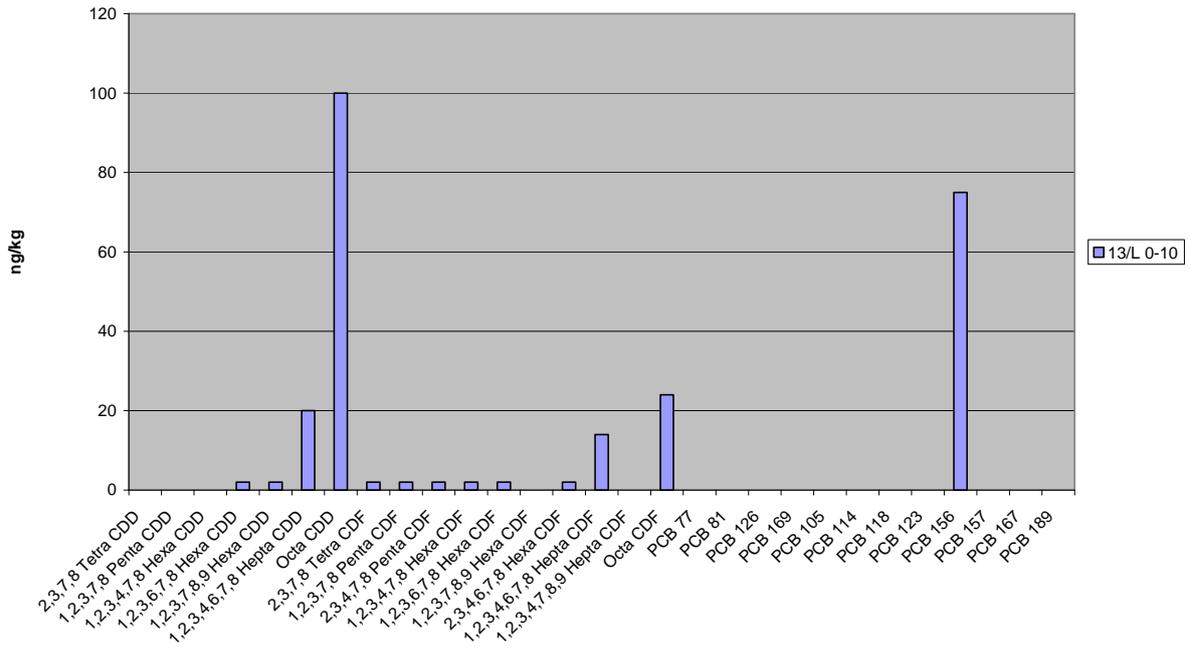
Boden LBEG



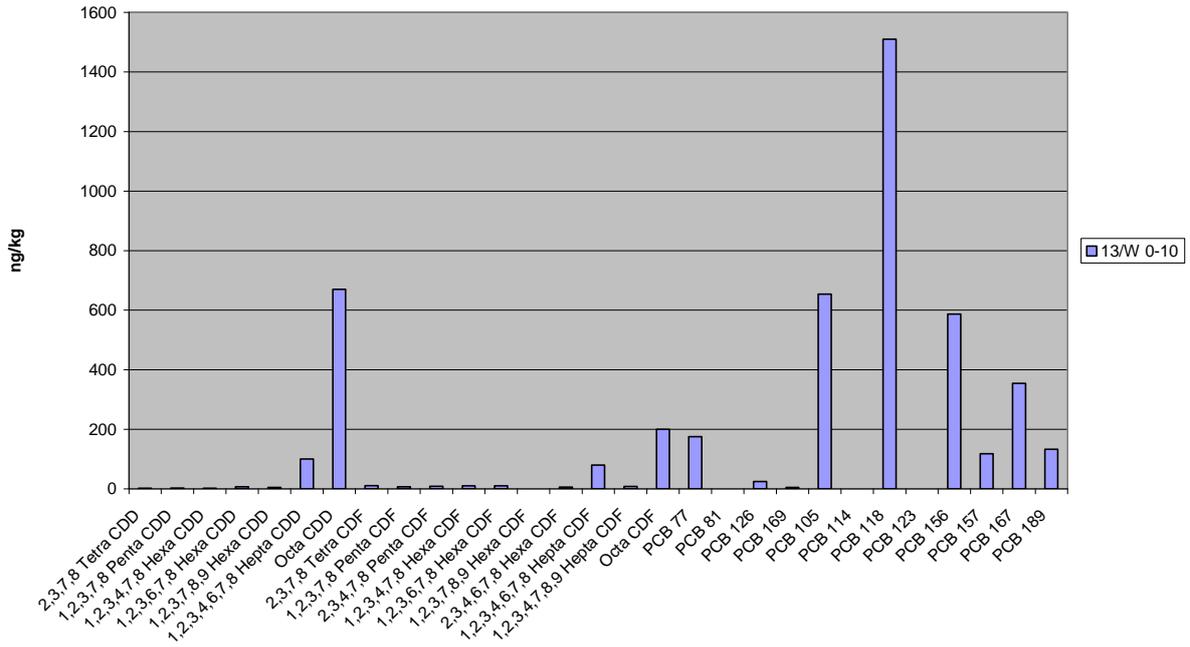
Boden LBEG



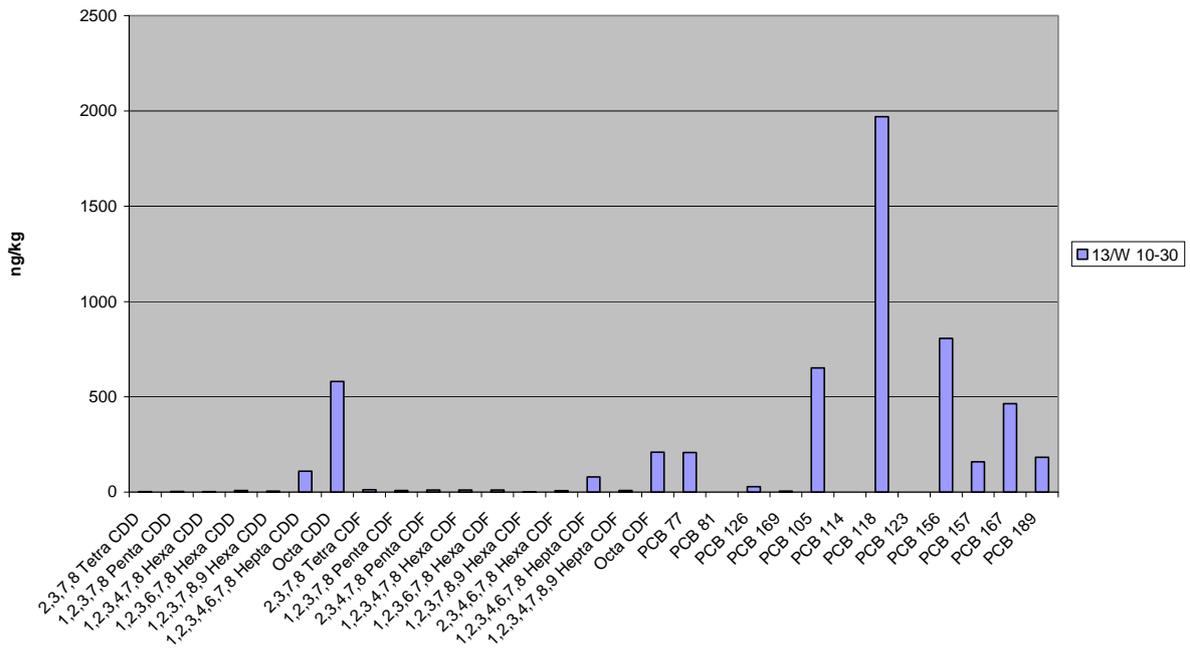
Boden LBEG



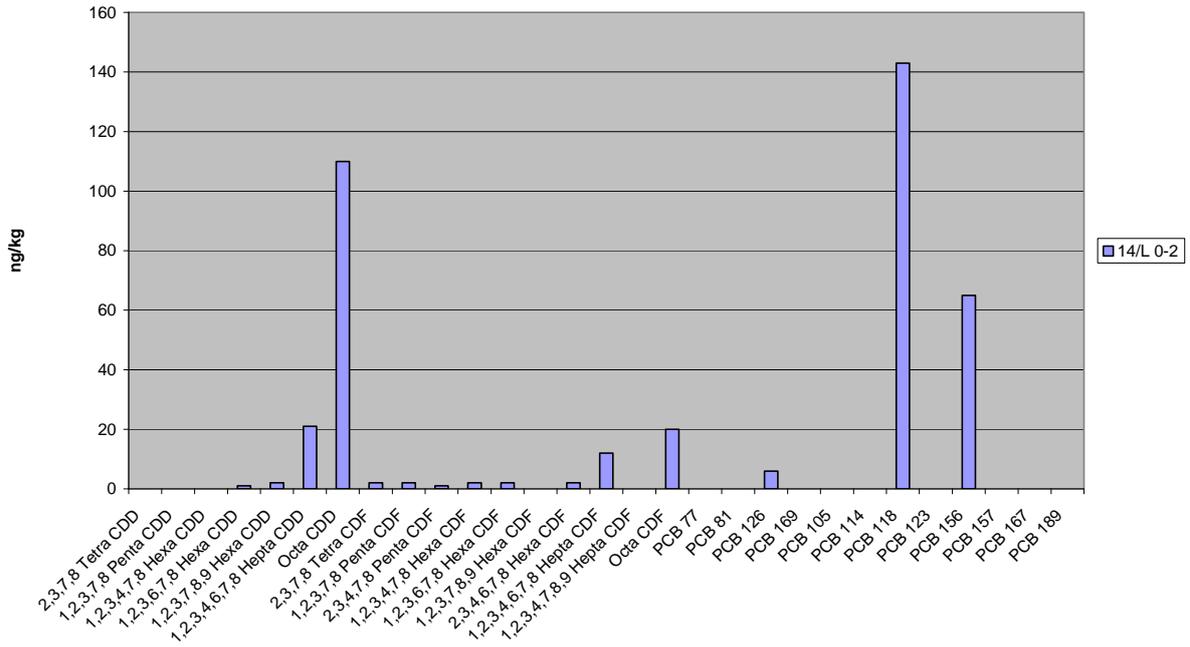
Boden LBEG



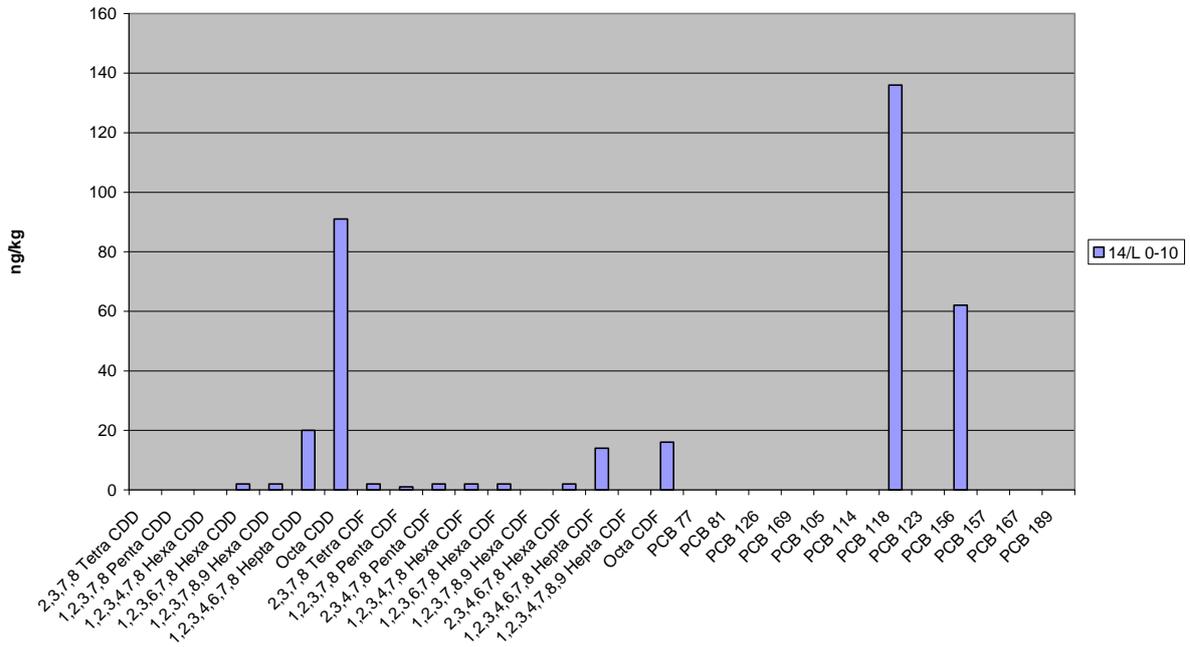
Boden LBEG



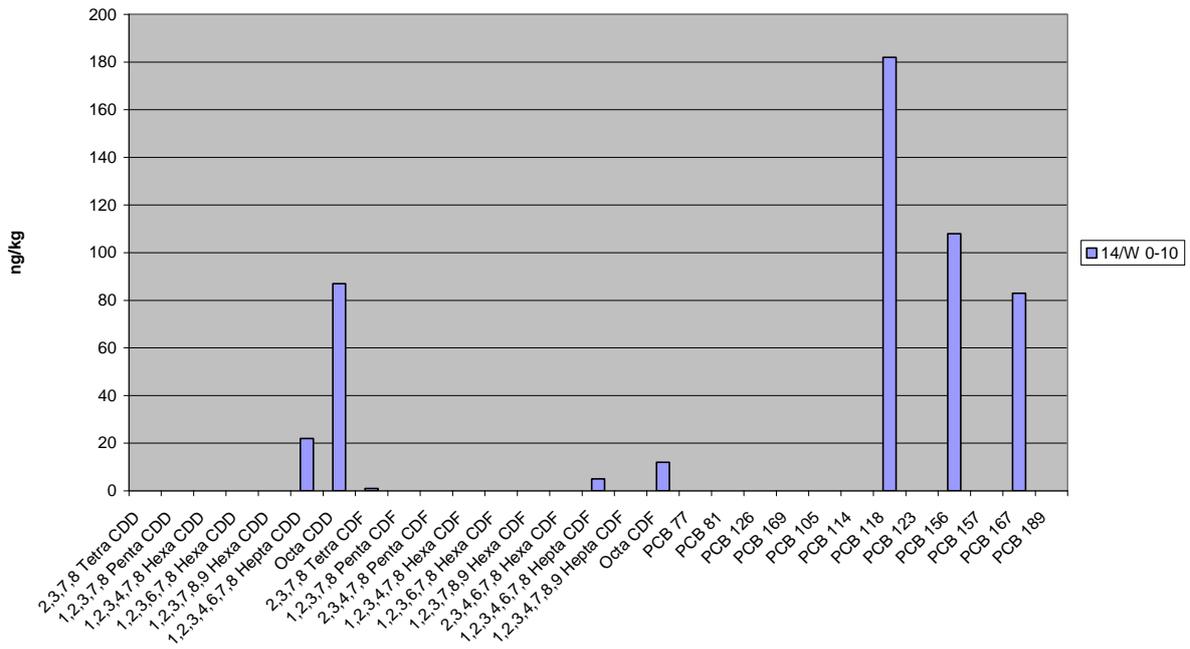
Boden LBEG



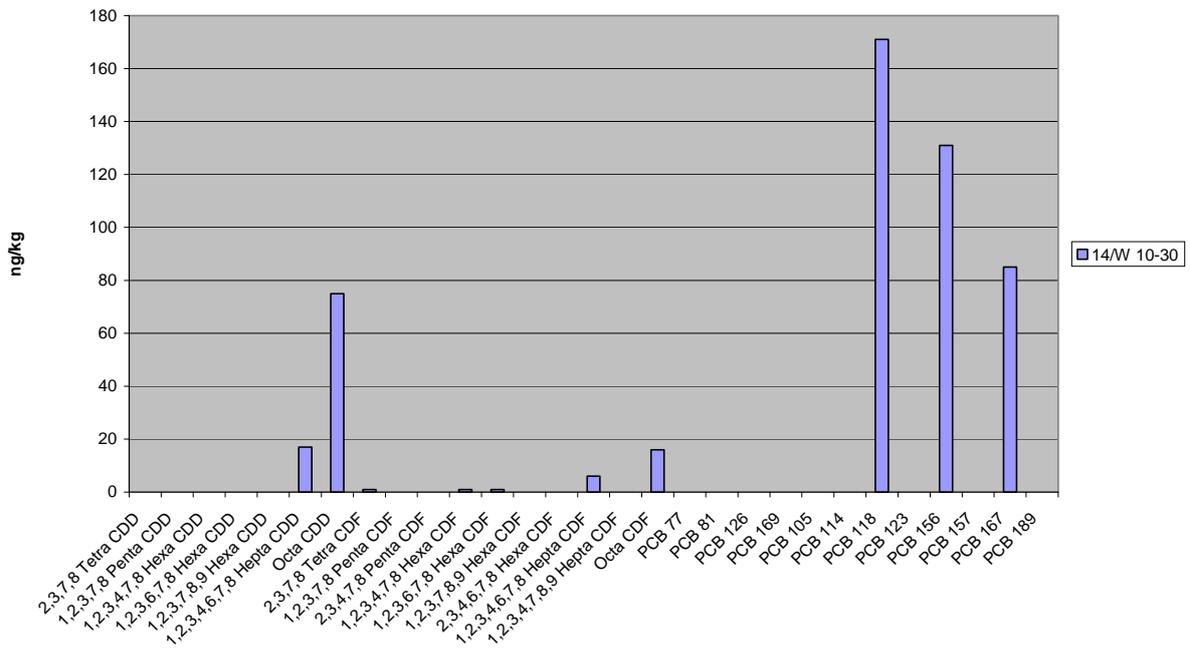
Boden LBEG



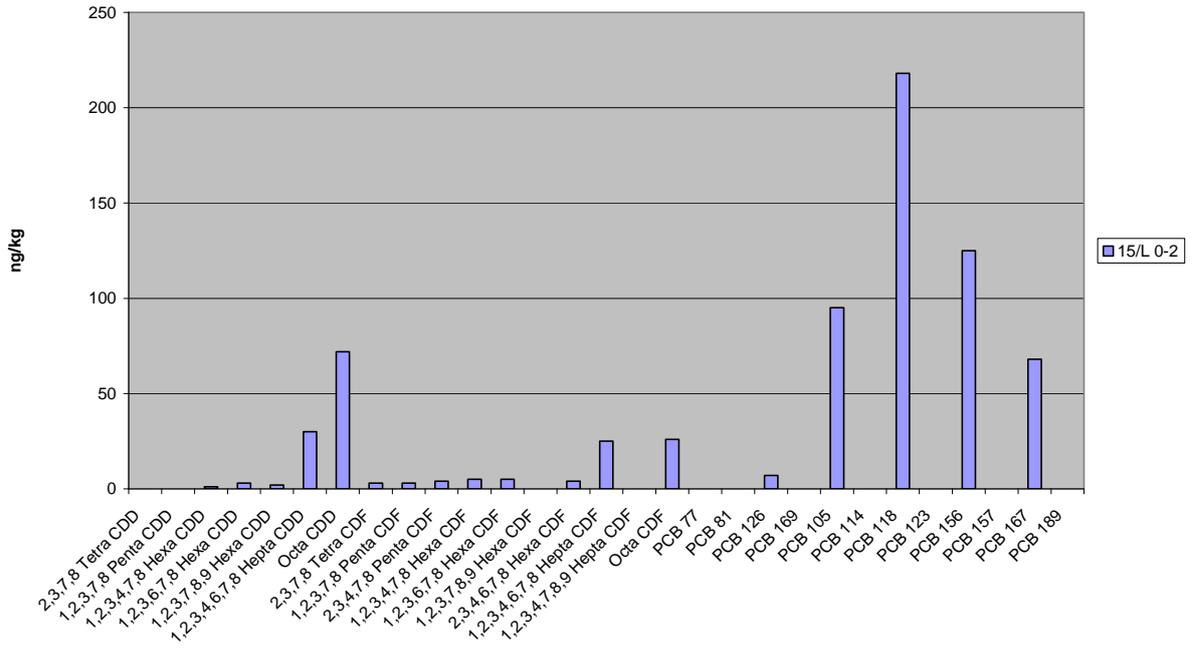
Boden LBEG



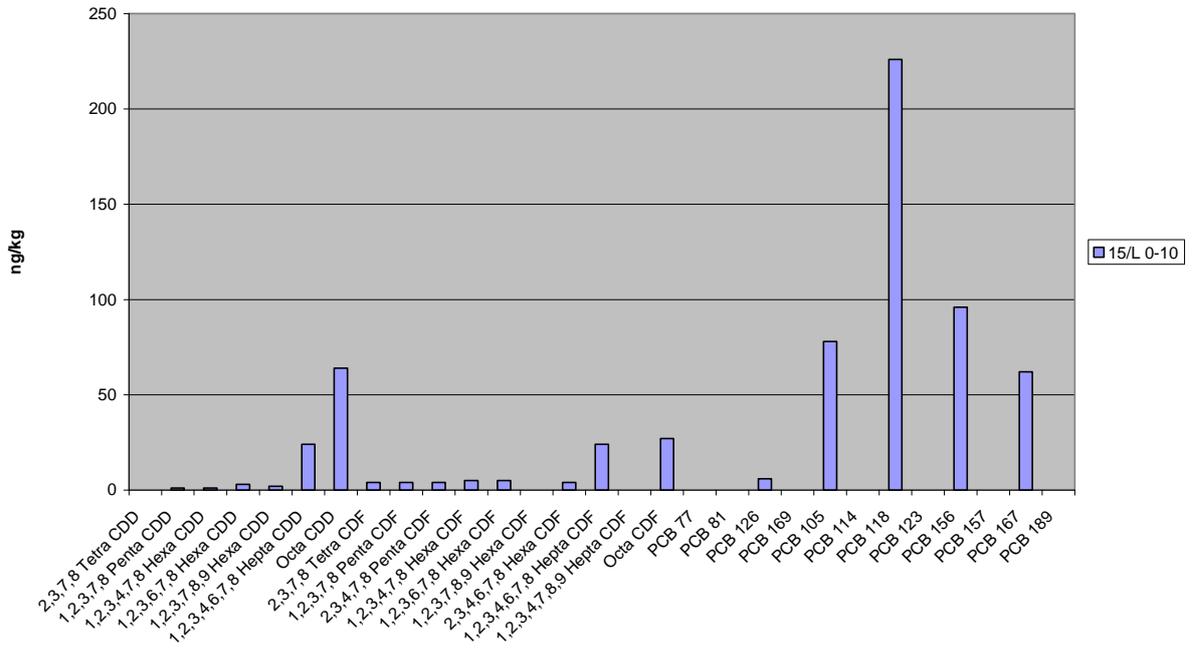
Boden LBEG



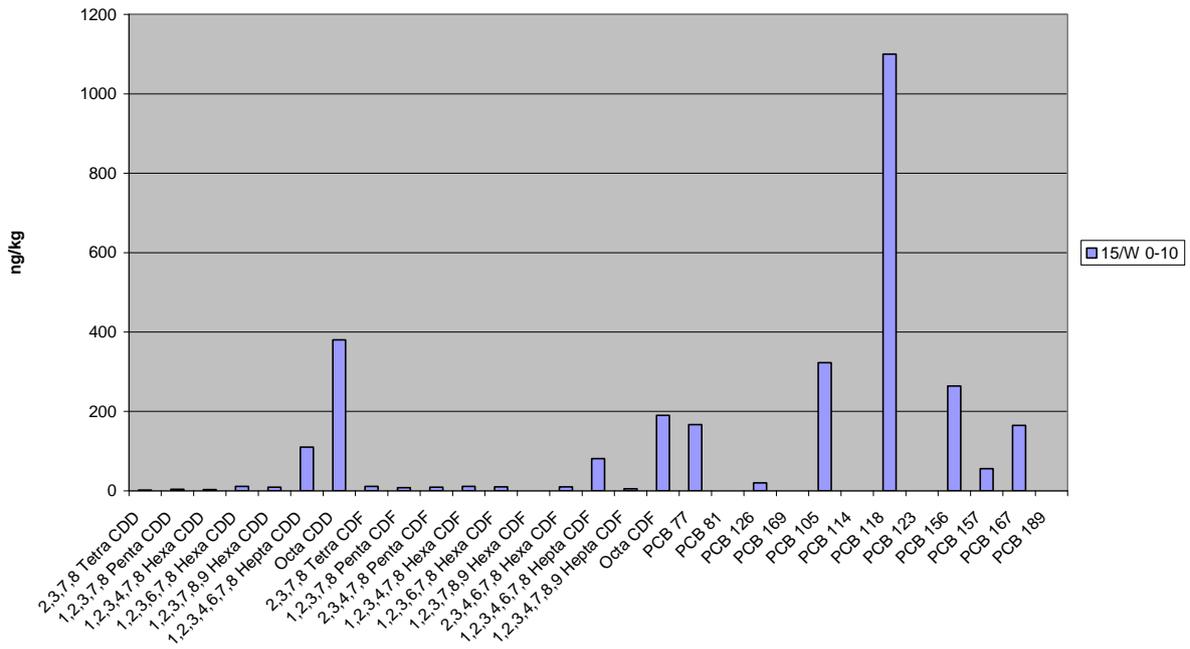
Boden LBEG



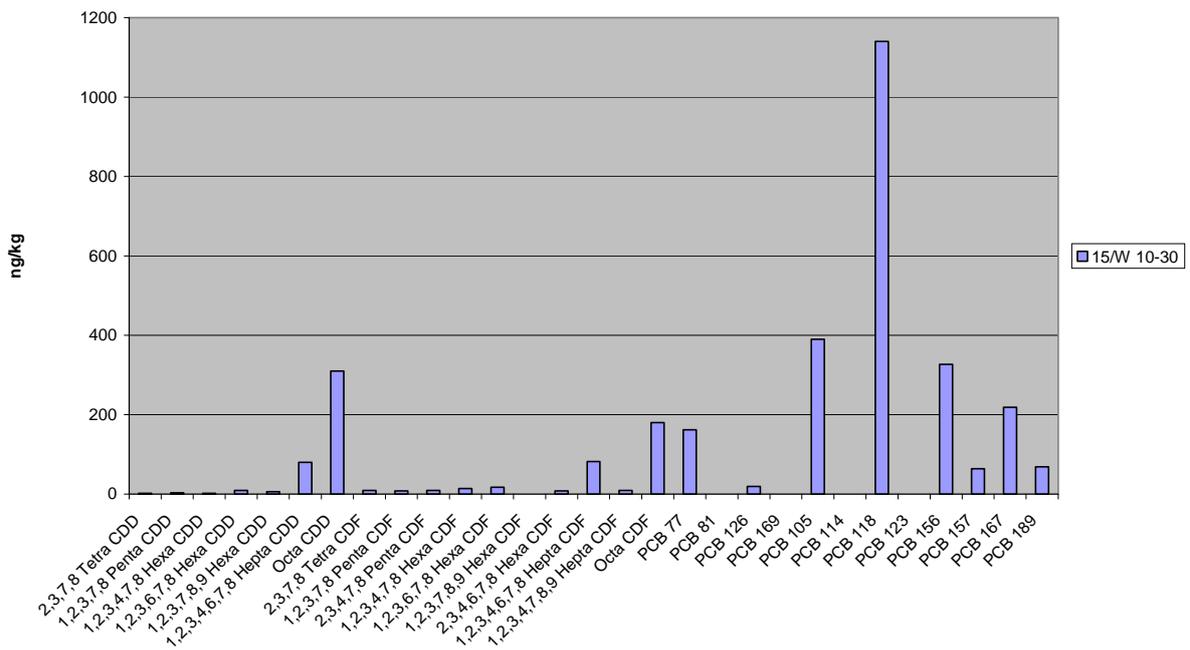
Boden LBEG



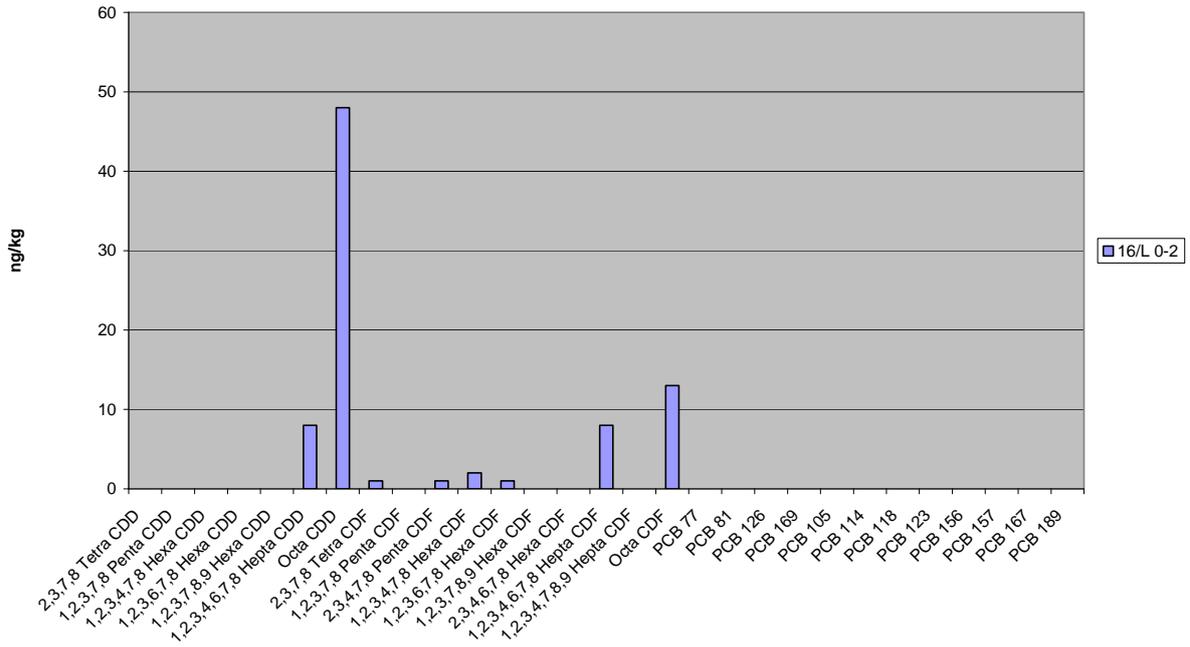
Boden LBEG



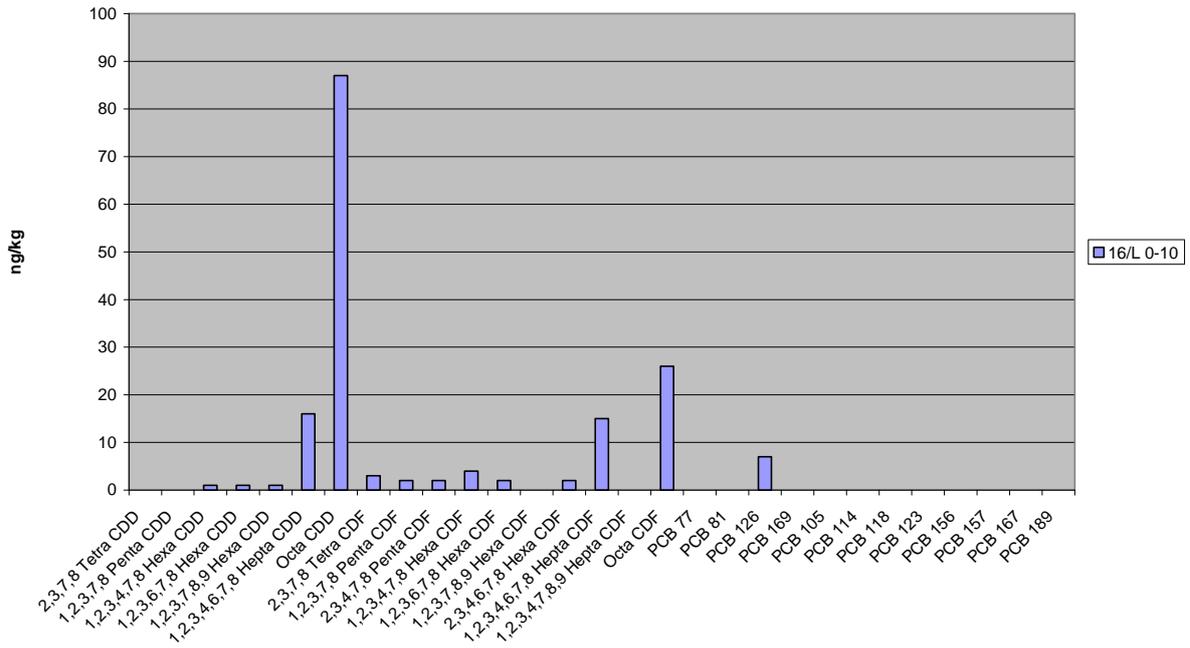
Boden LBEG



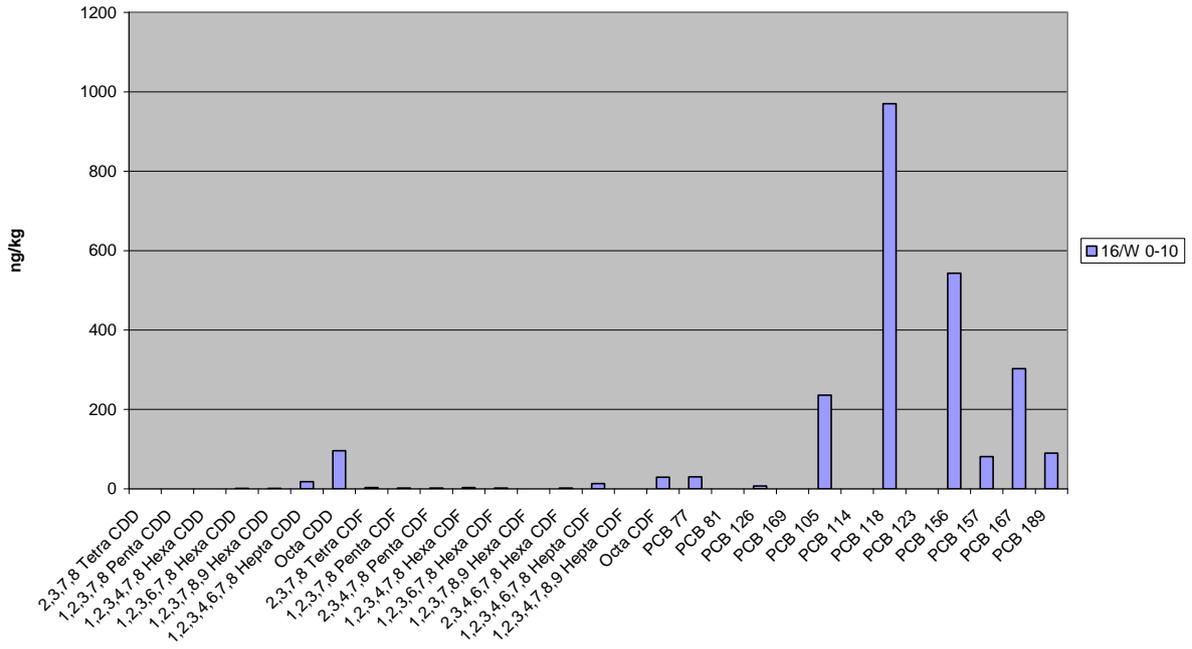
Boden LBEG



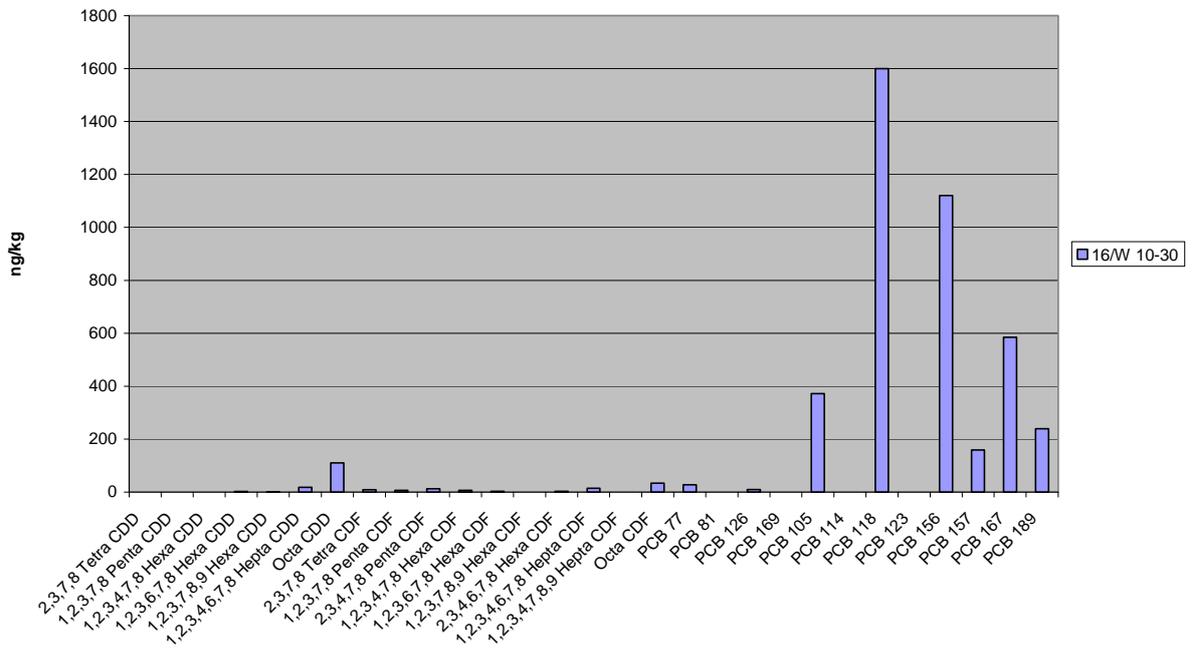
Boden LBEG



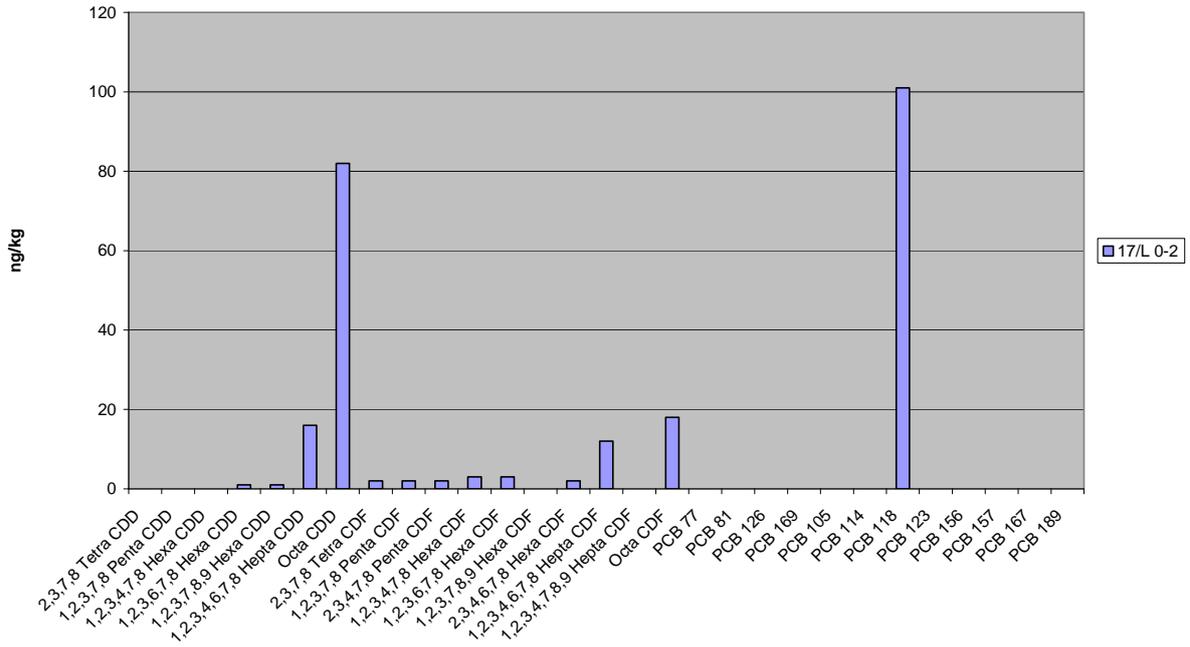
Boden LBEG



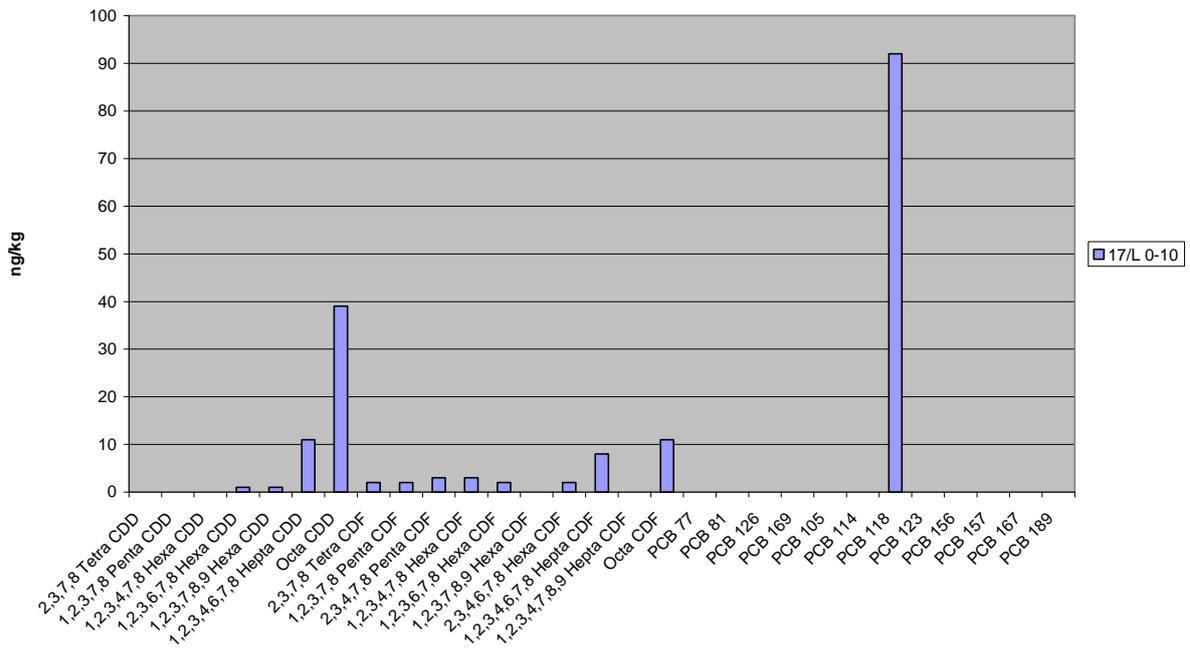
Boden LBEG



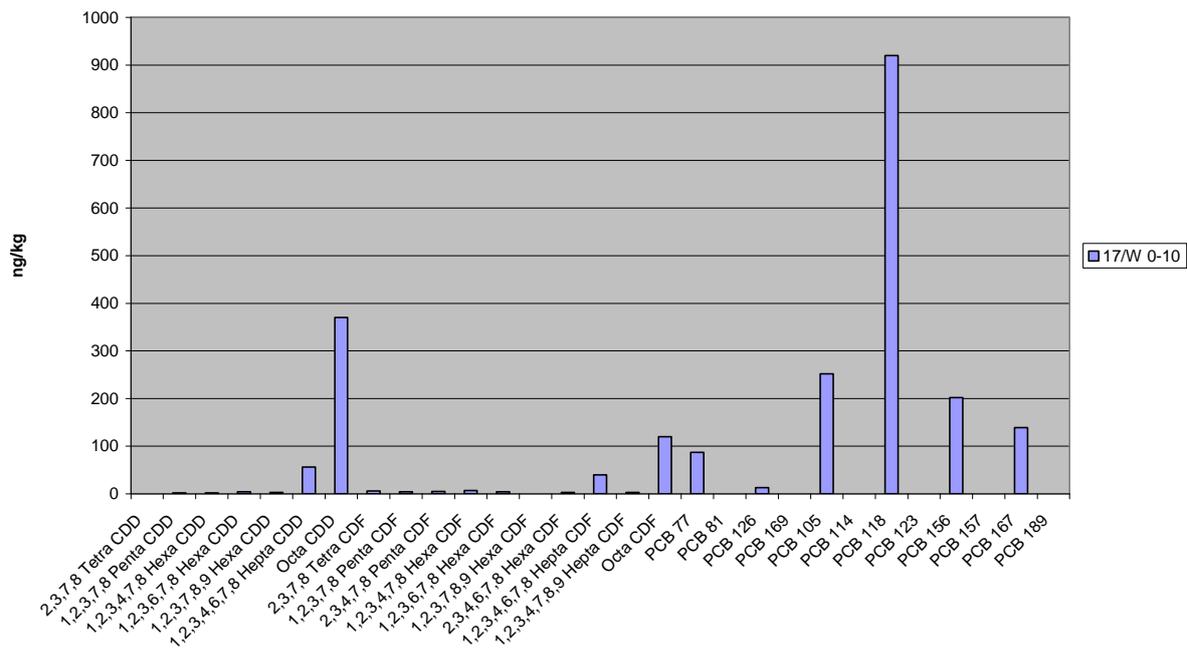
Boden LBEG



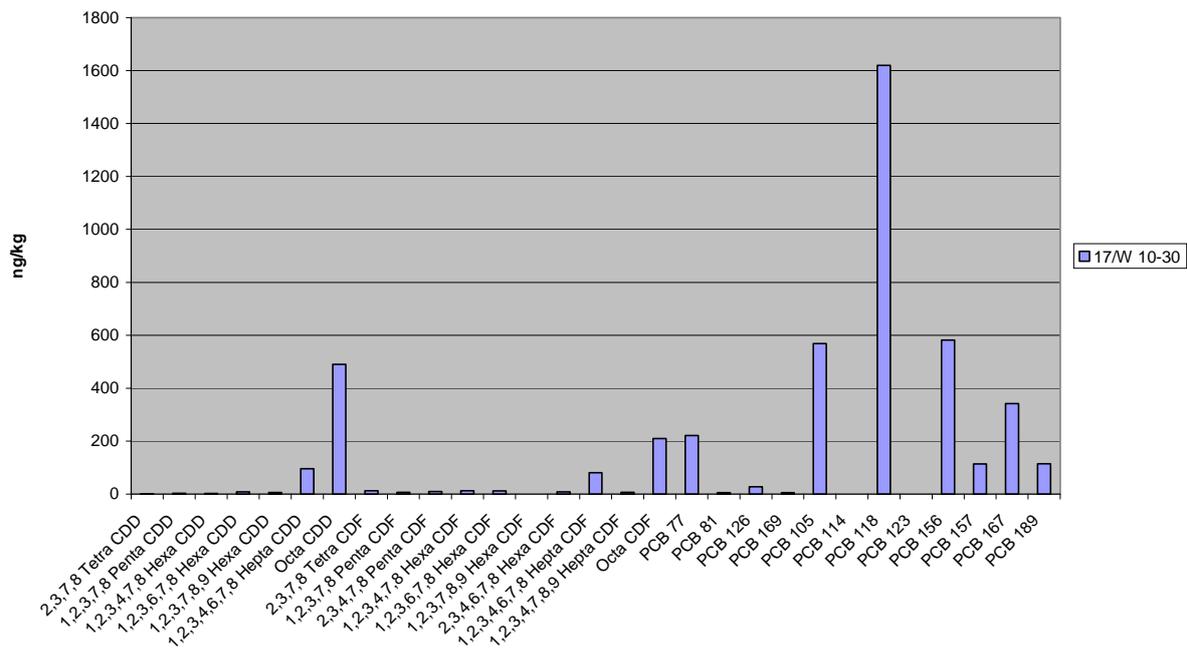
Boden LBEG



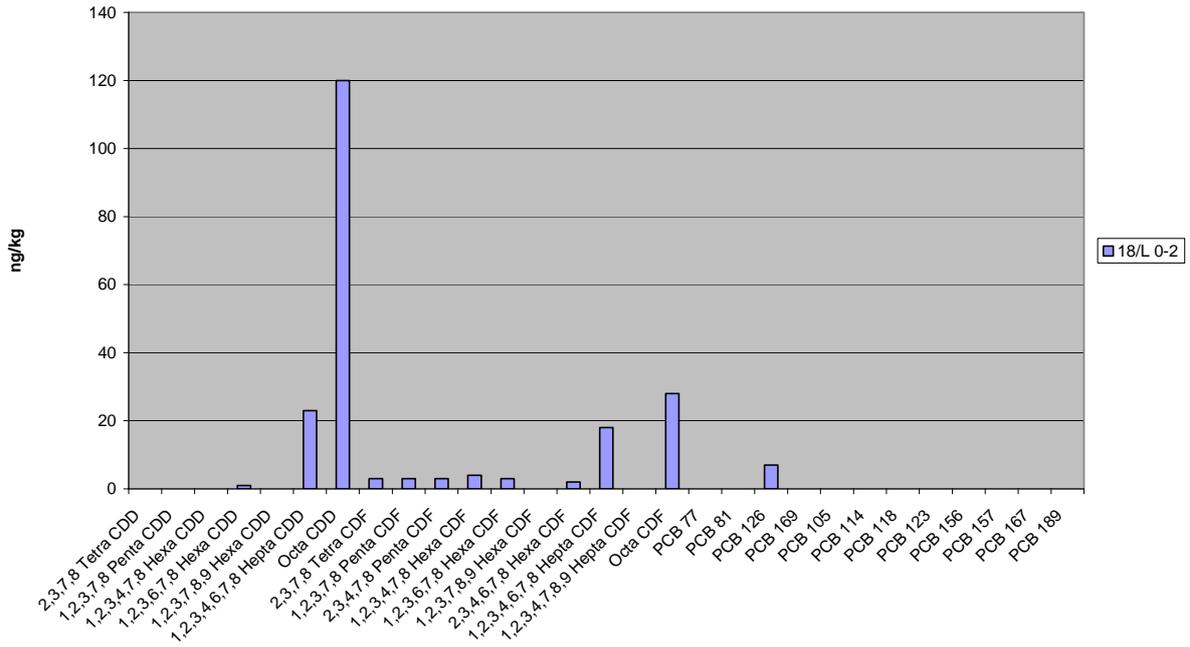
Boden LBEG



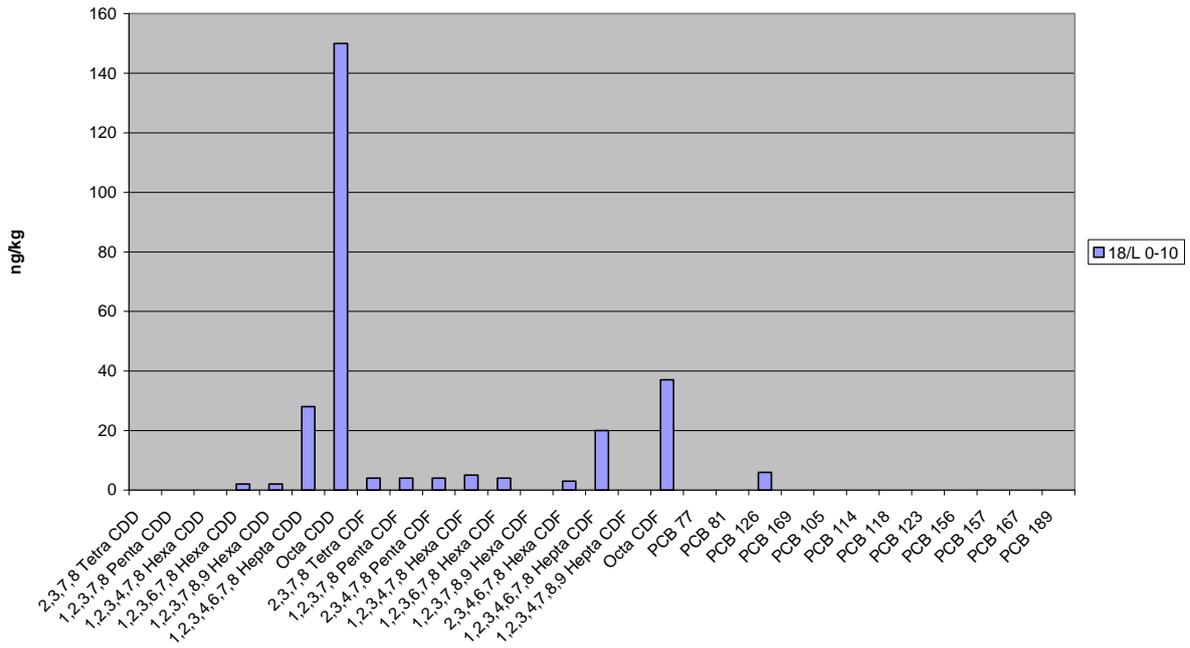
Boden LBEG



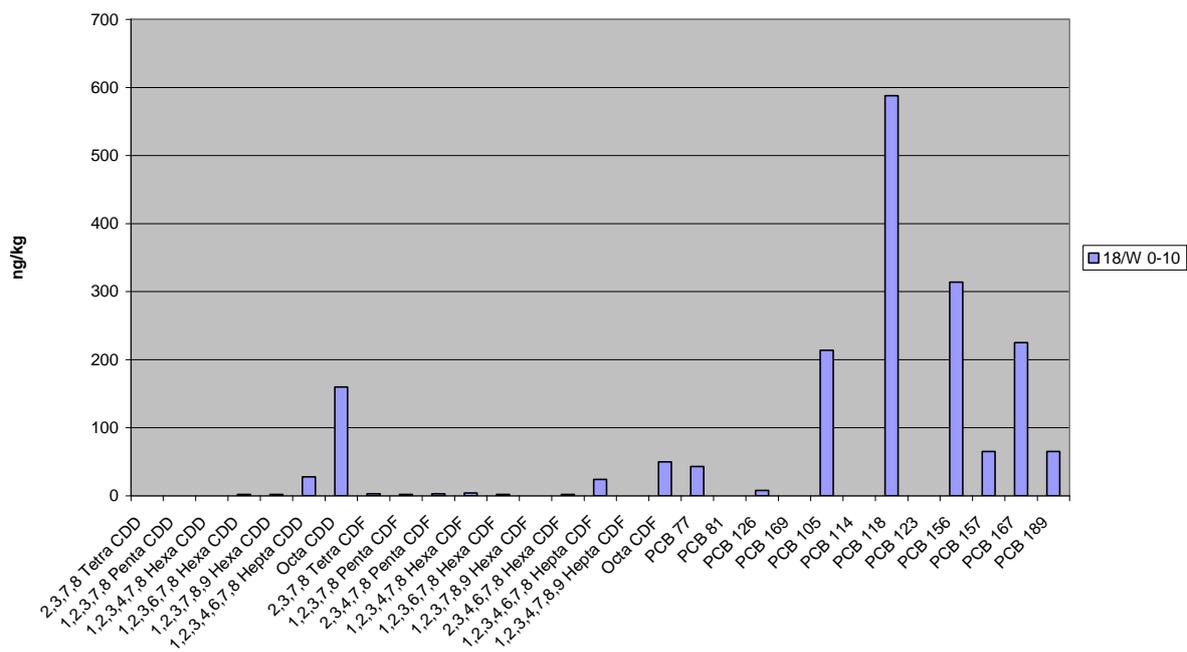
Boden LBEG



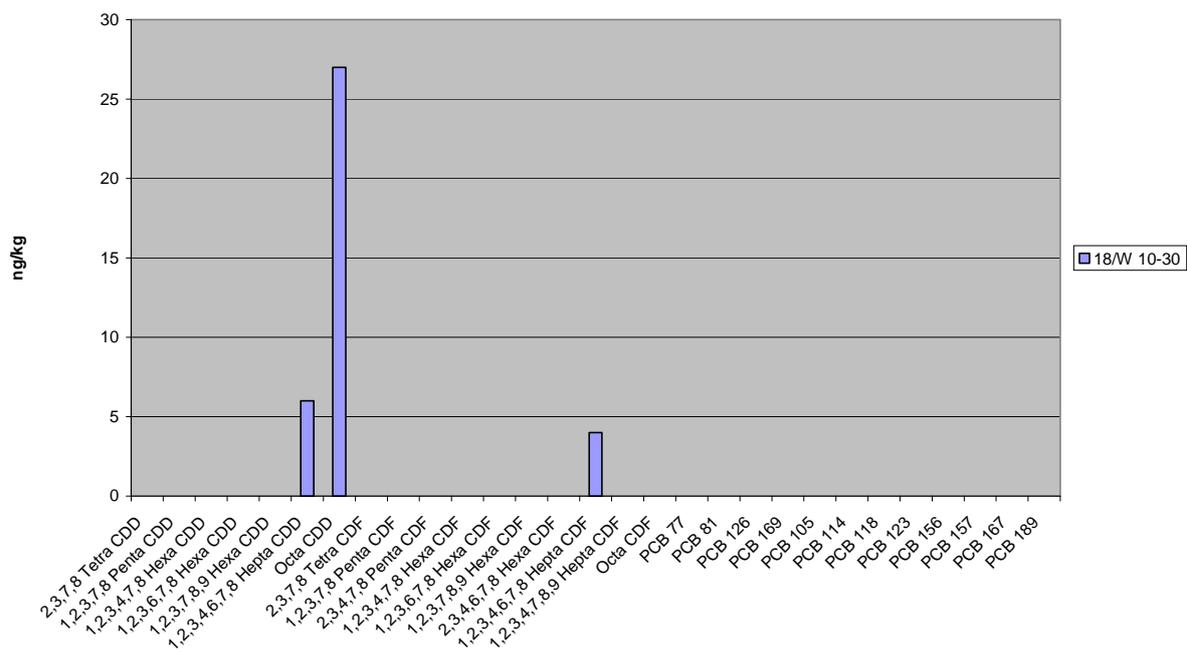
Boden LBEG



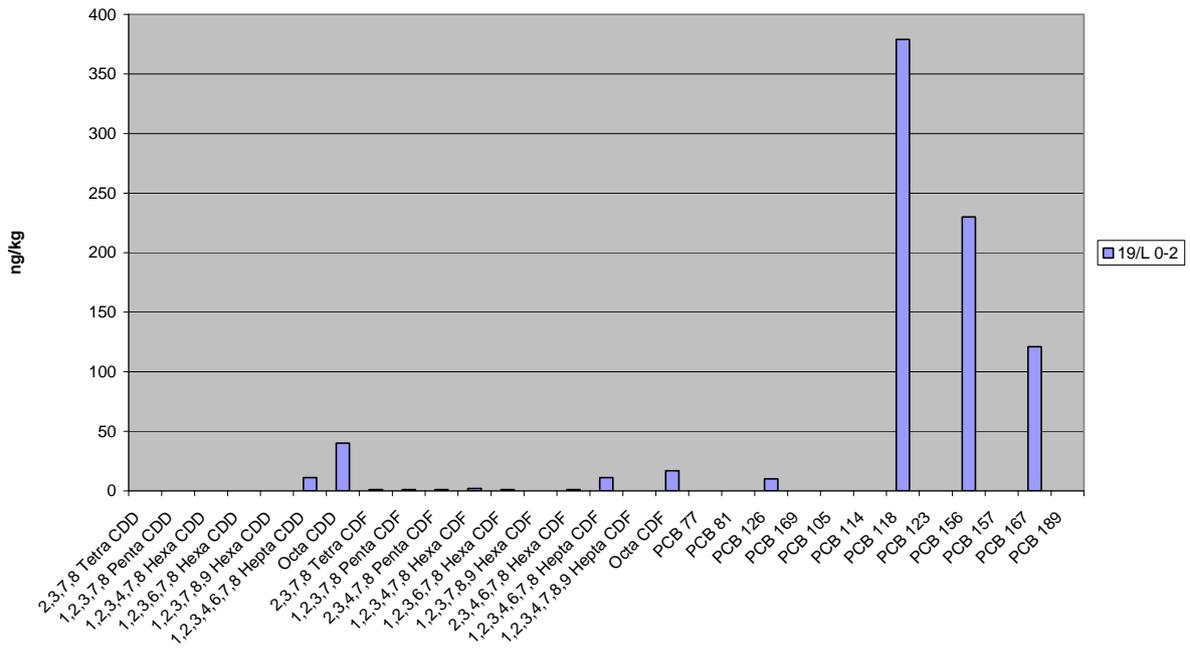
Boden LBEG



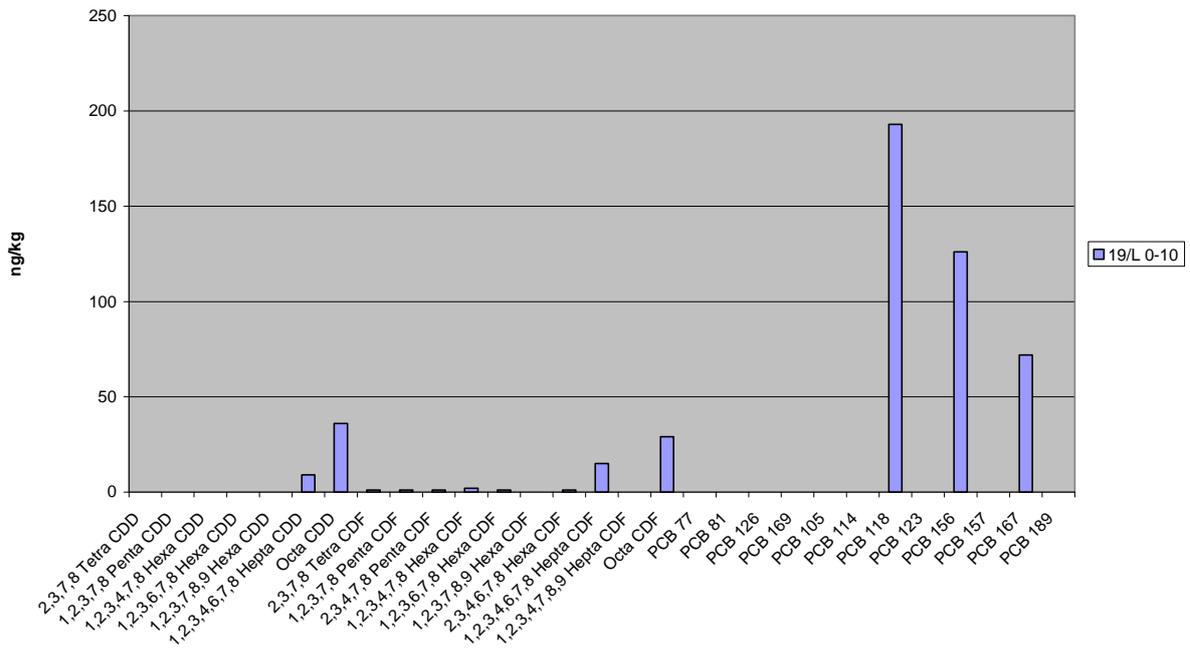
Boden LBEG



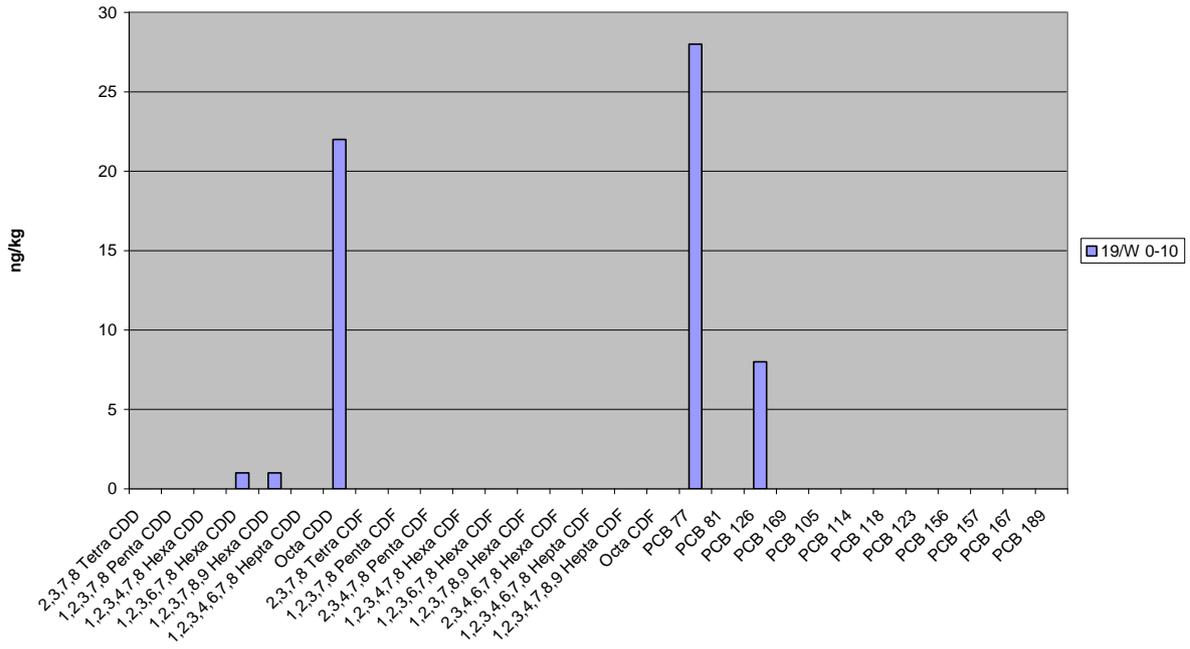
Boden LBEG



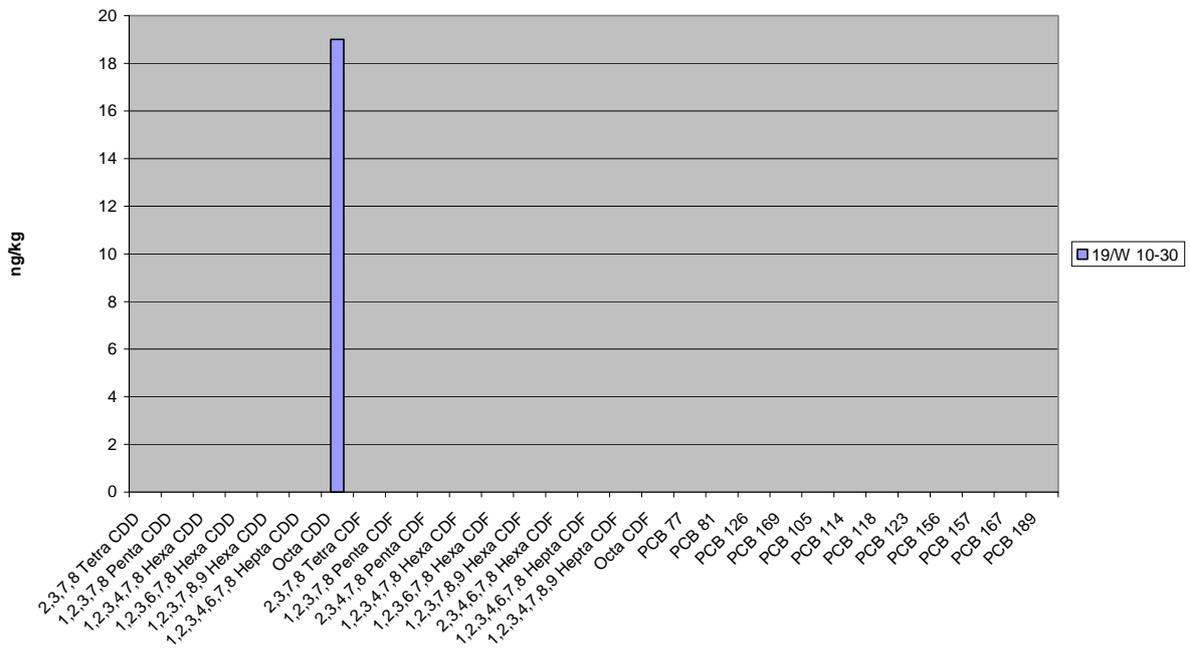
Boden LBEG



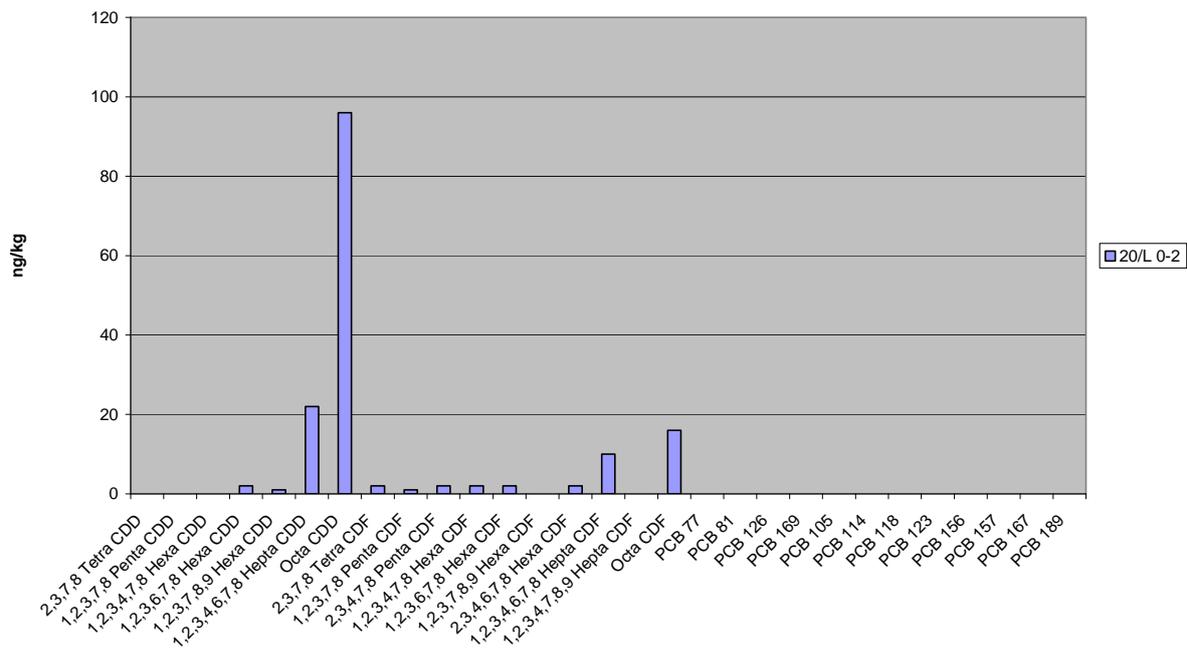
Boden LBEG



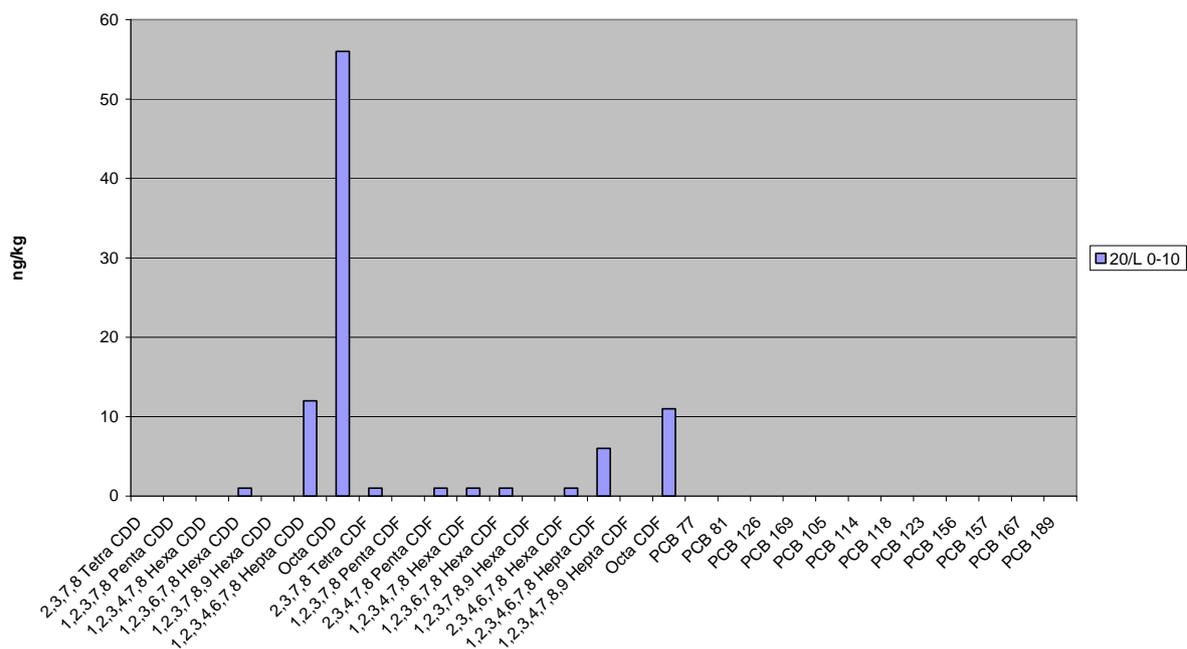
Boden LBEG



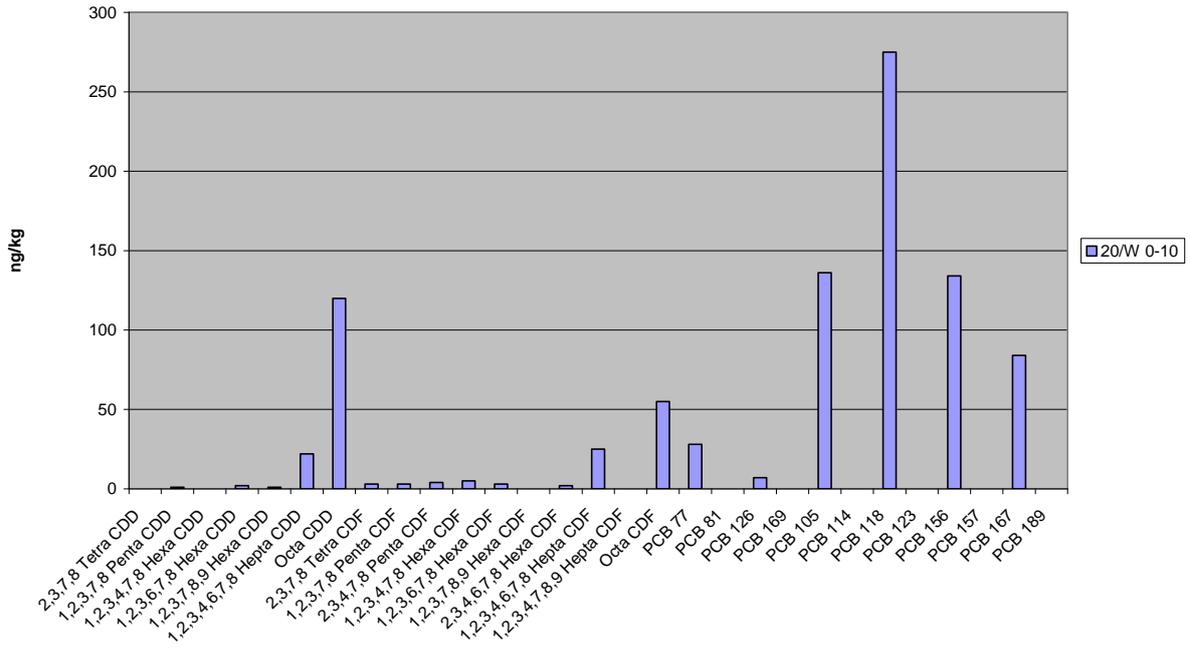
Boden LBEG



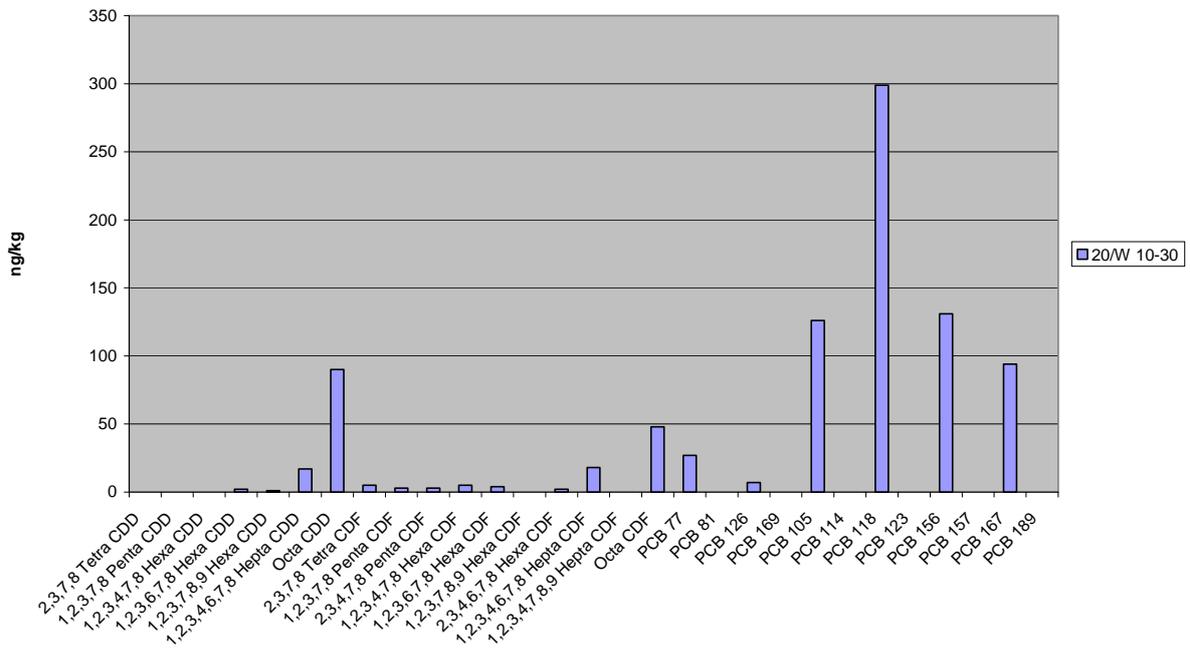
Boden LBEG



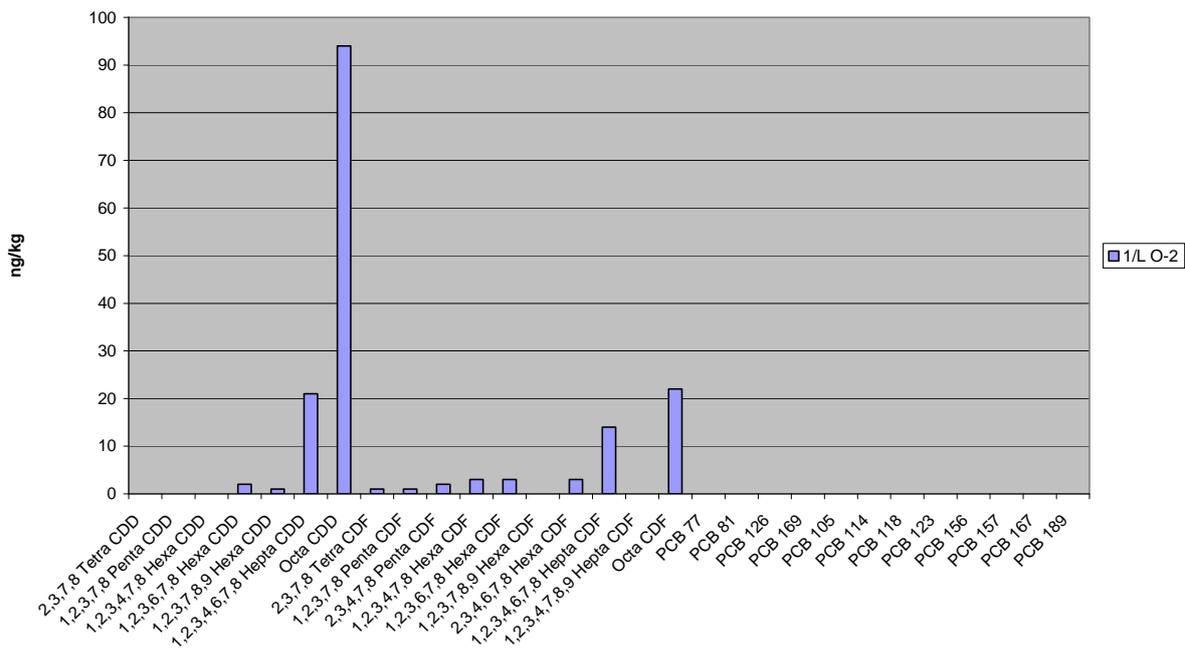
Boden LBEG



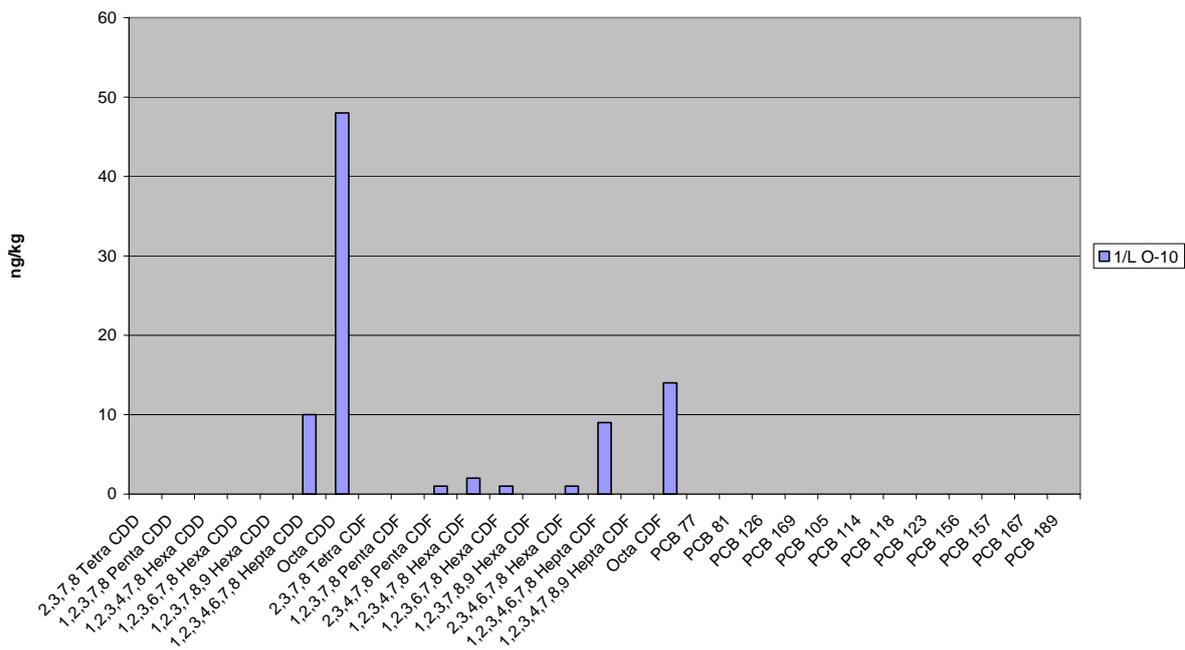
Boden LBEG



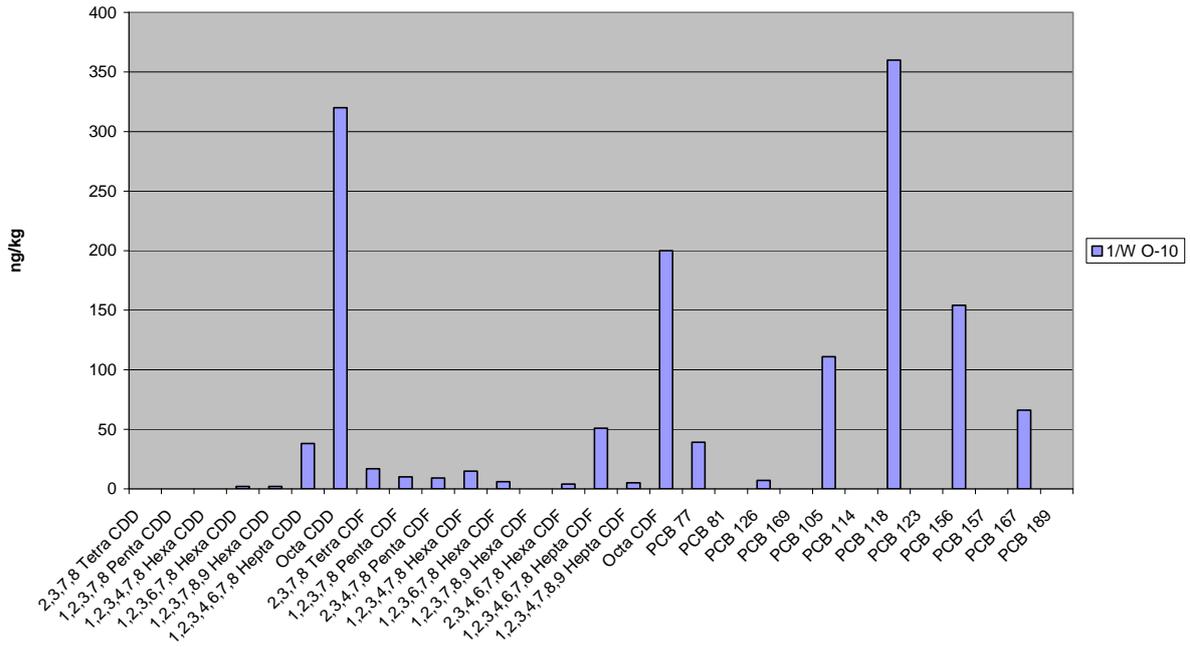
Boden LBEG



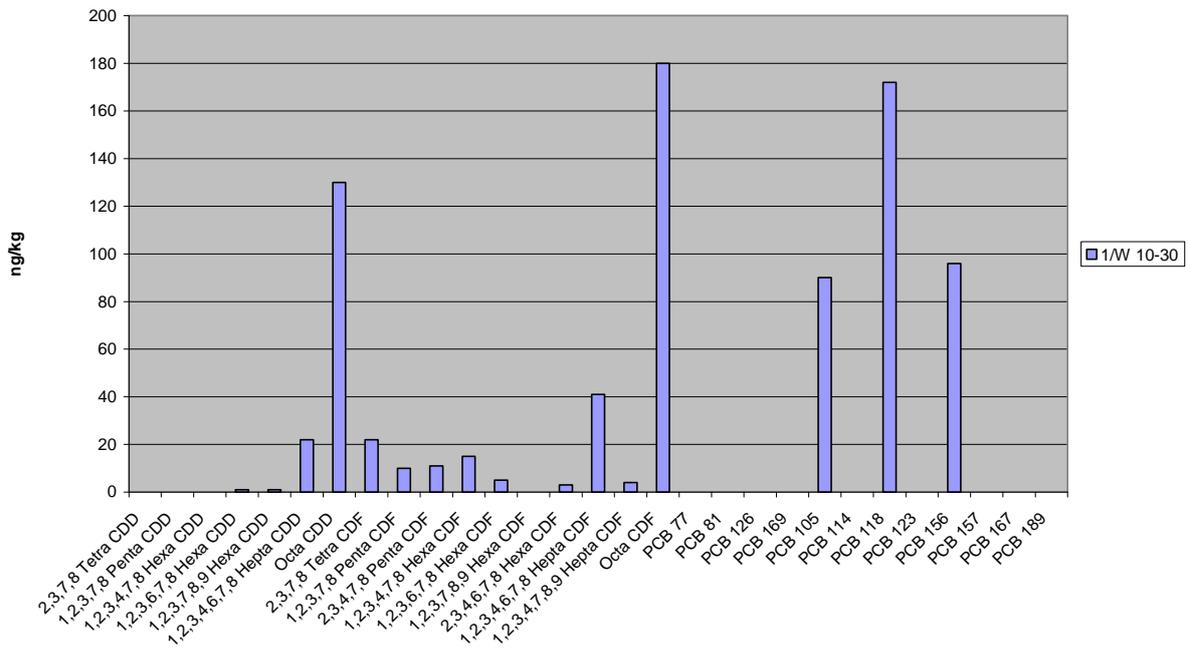
Boden LBEG



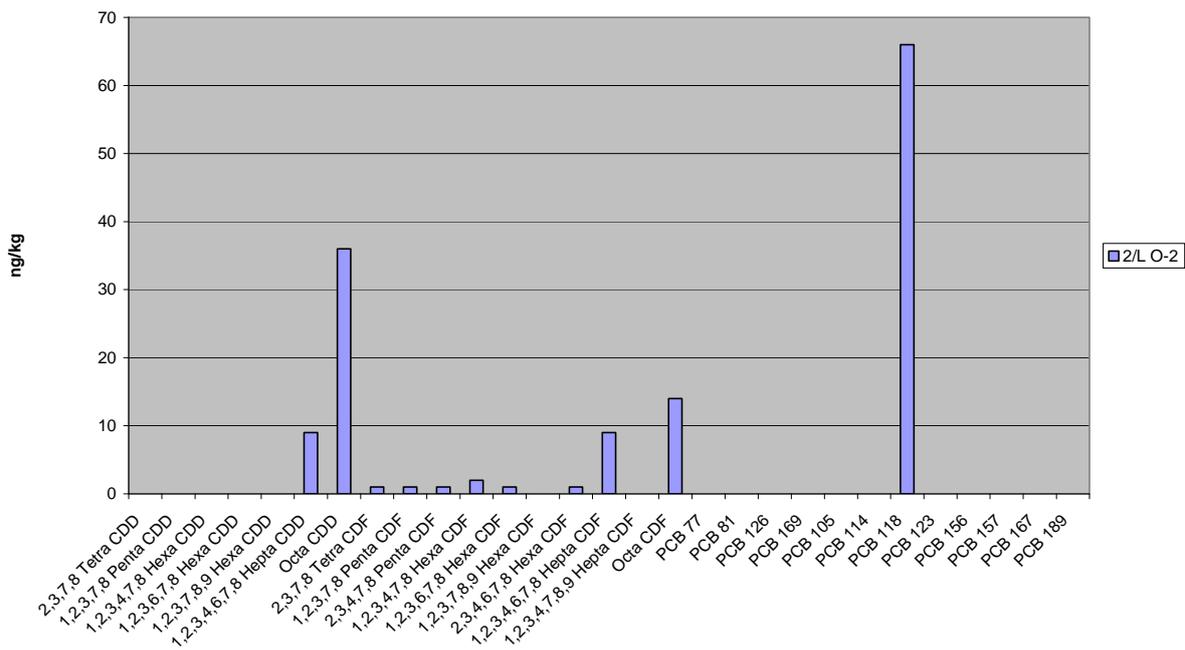
Boden LBEG



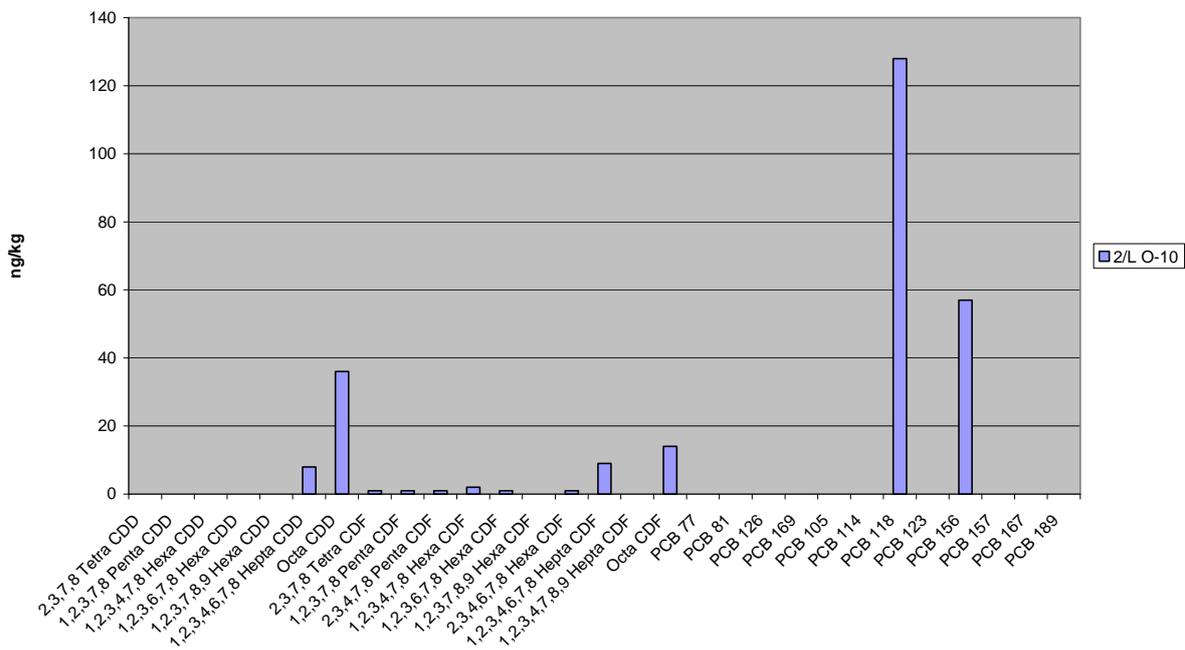
Boden LBEG



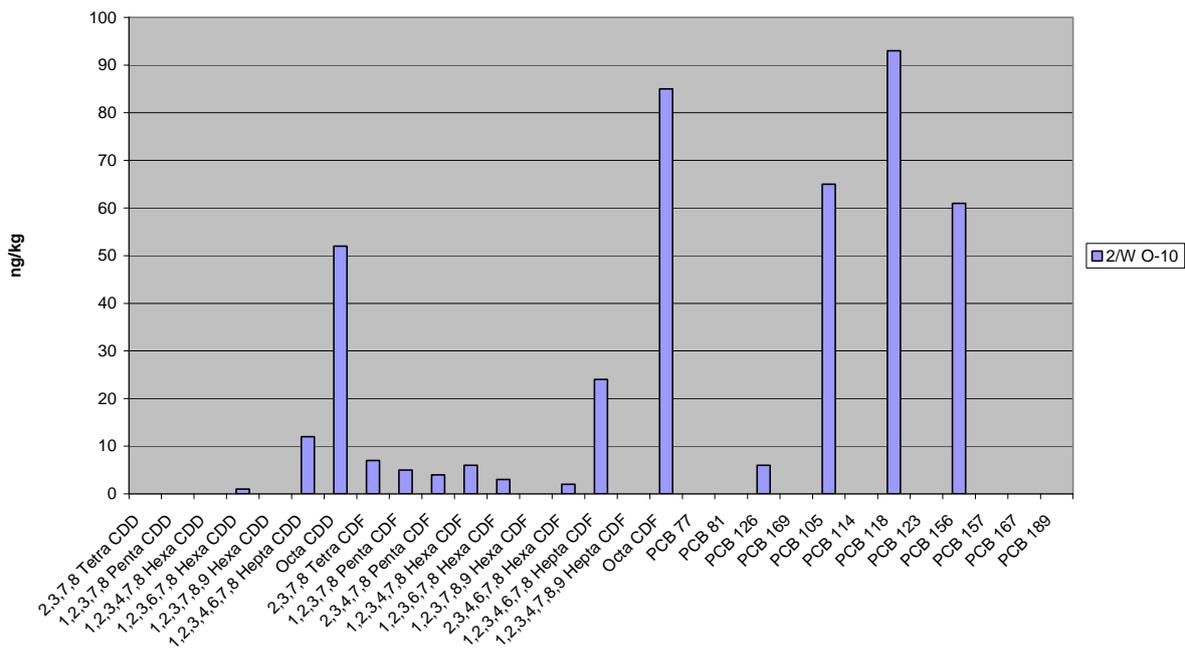
Boden LBEG



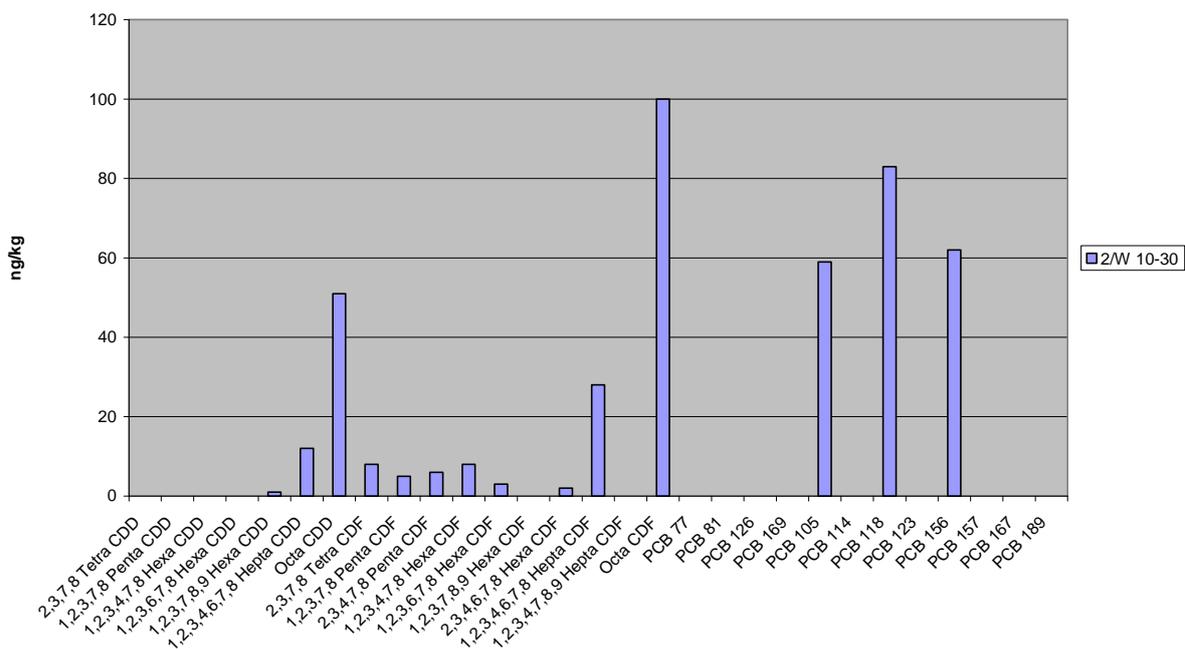
Boden LBEG



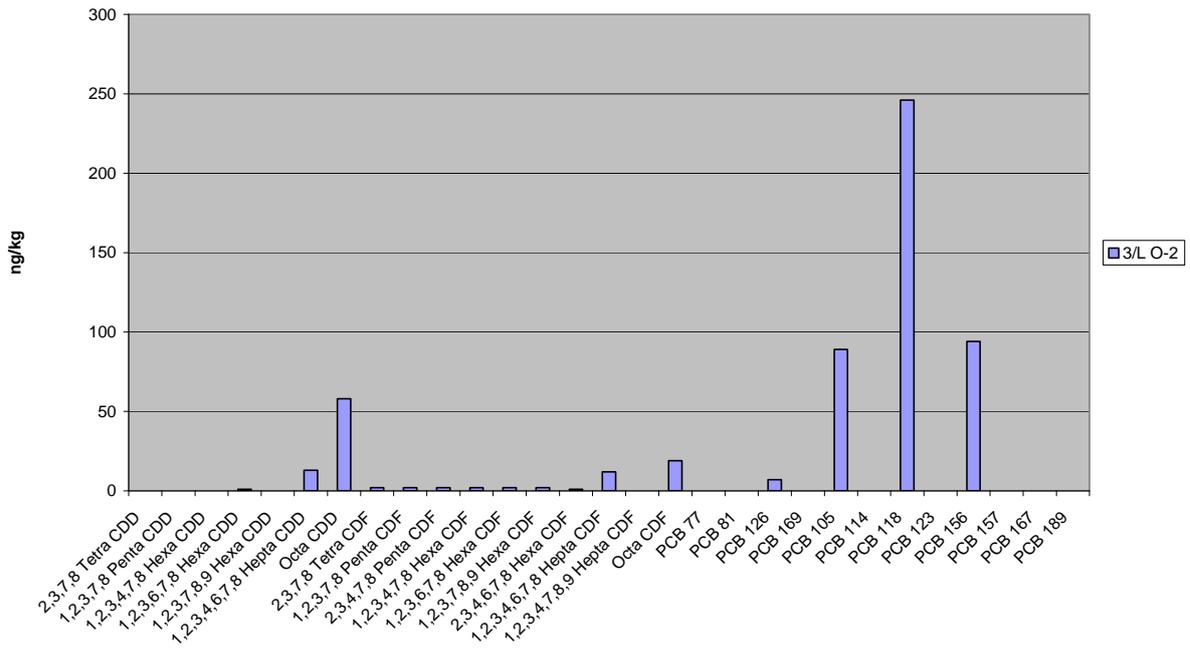
Boden LBEG



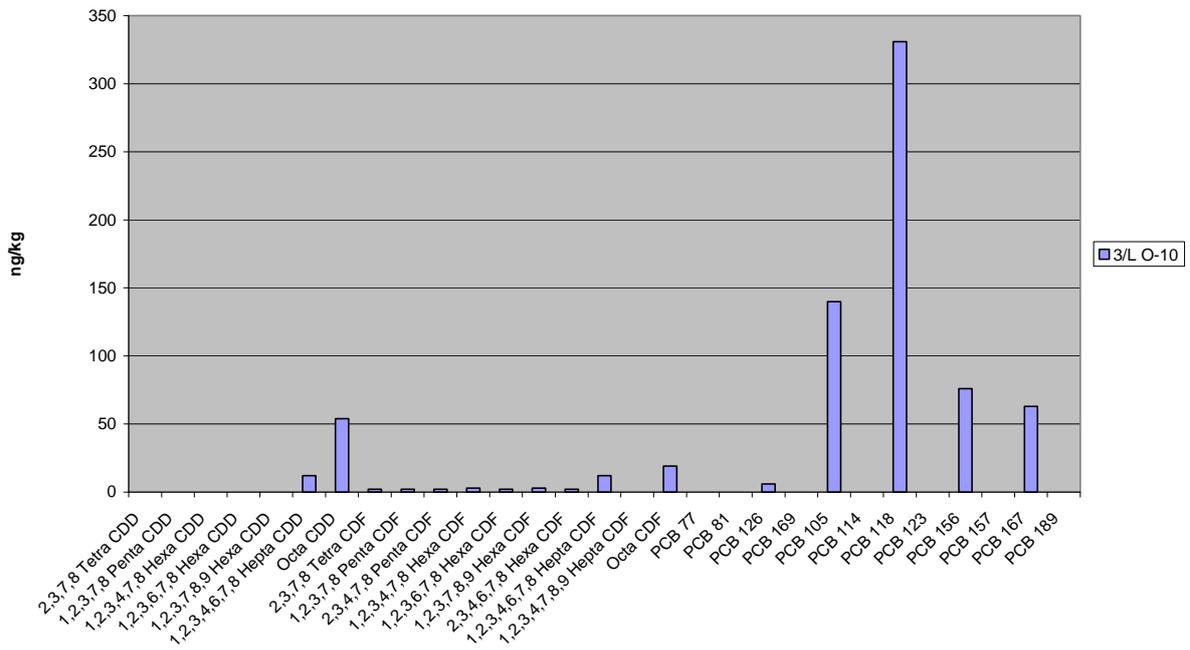
Boden LBEG



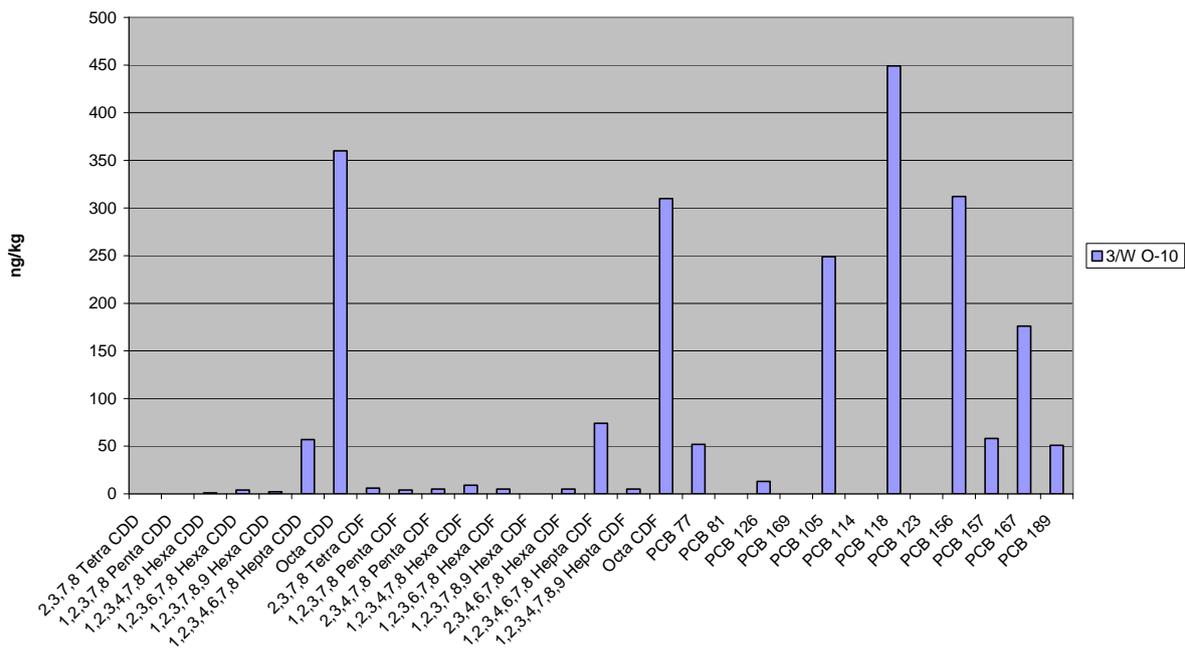
Boden LBEG



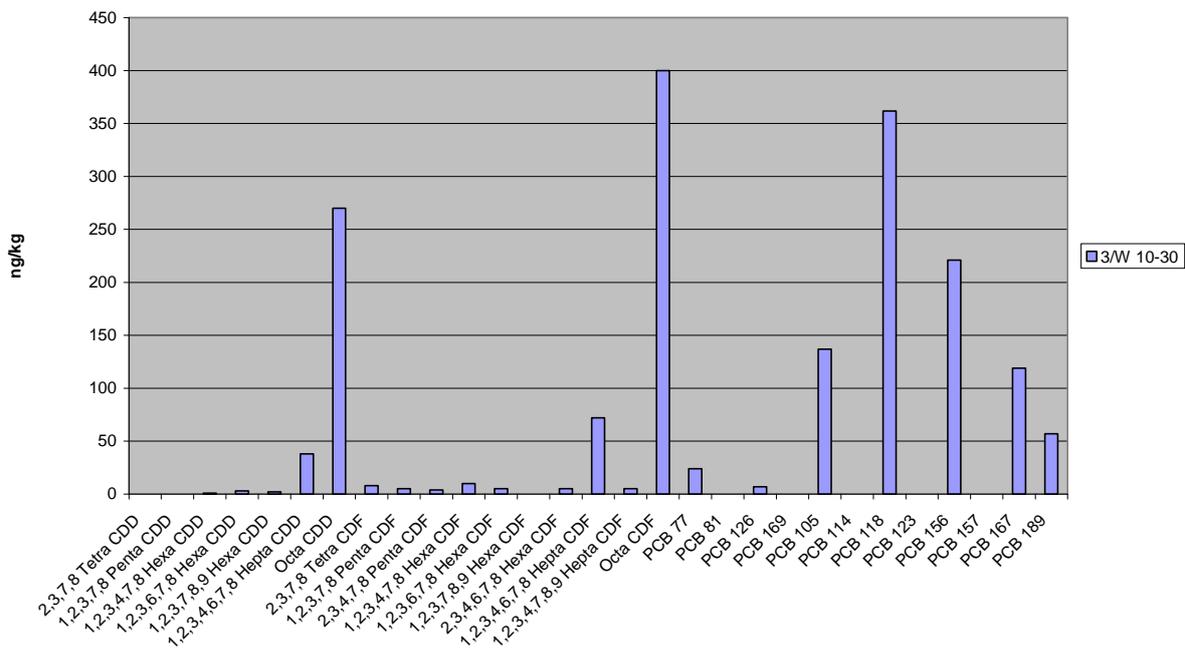
Boden LBEG



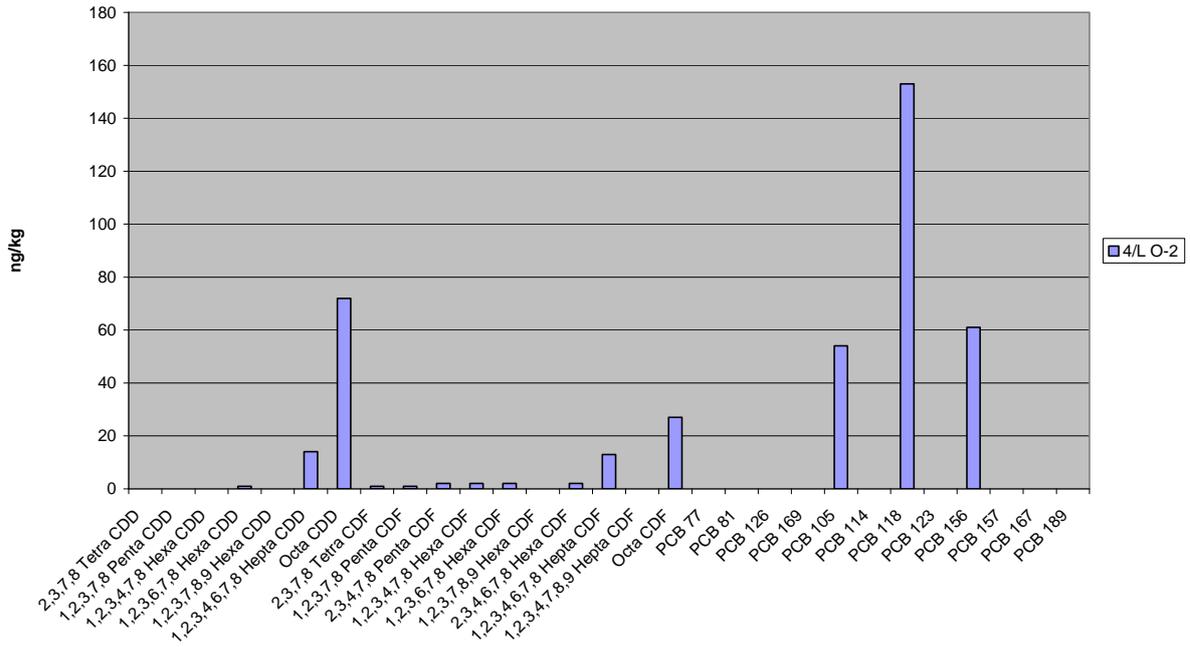
Boden LBEG



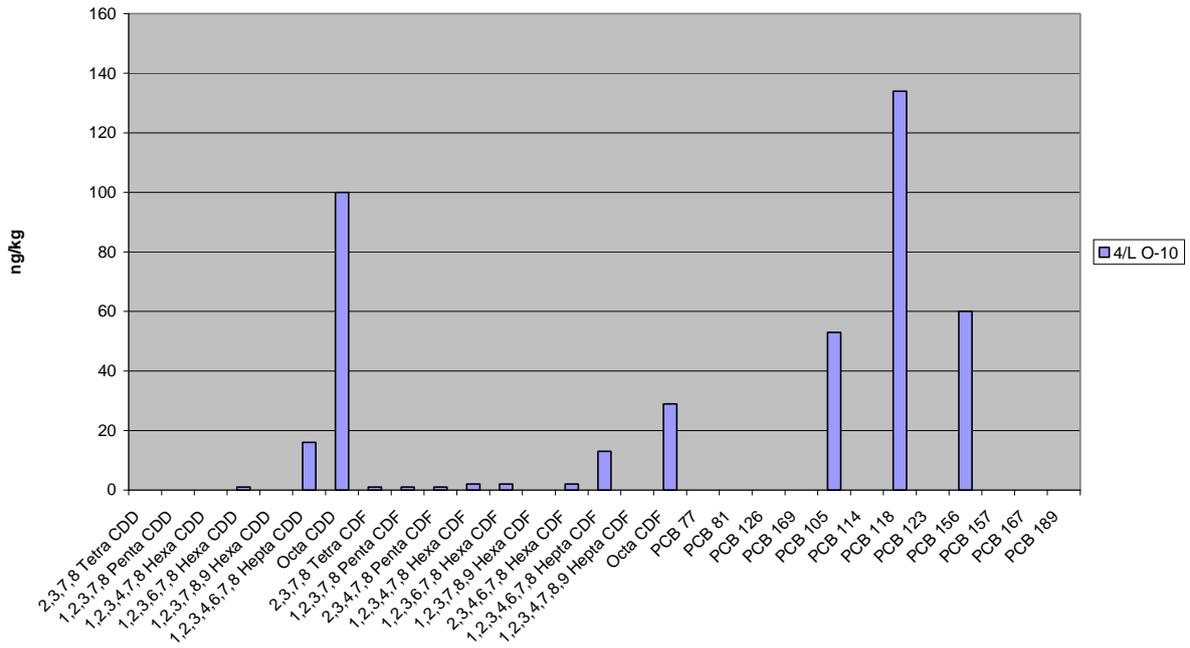
Boden LBEG



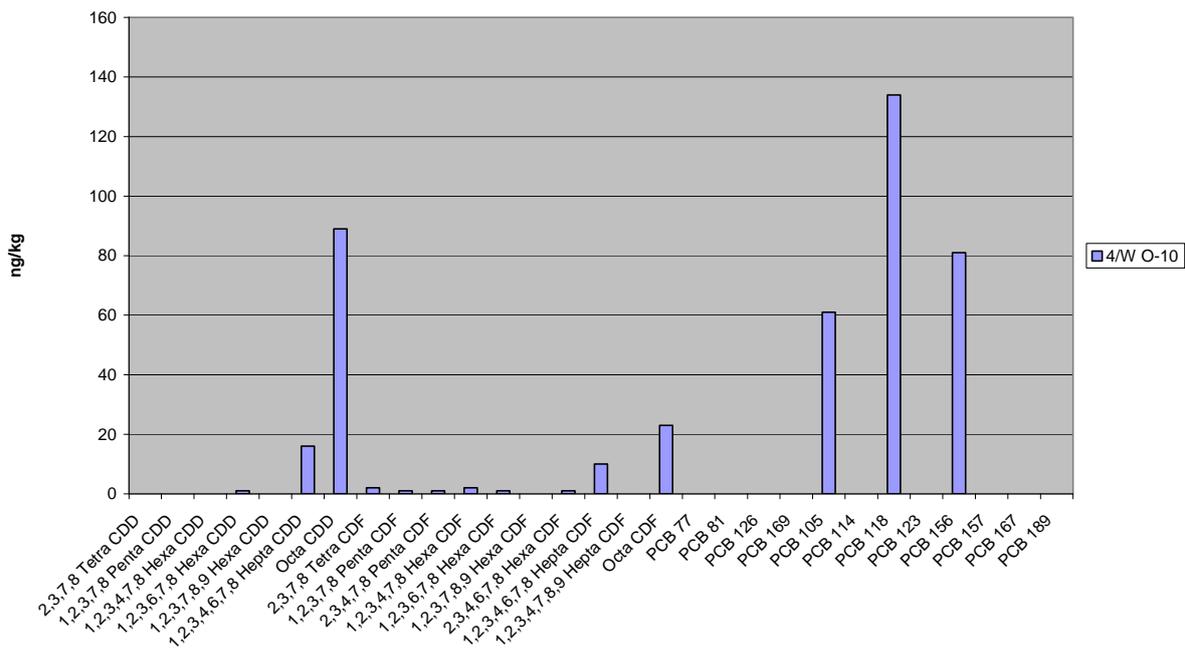
Boden LBEG



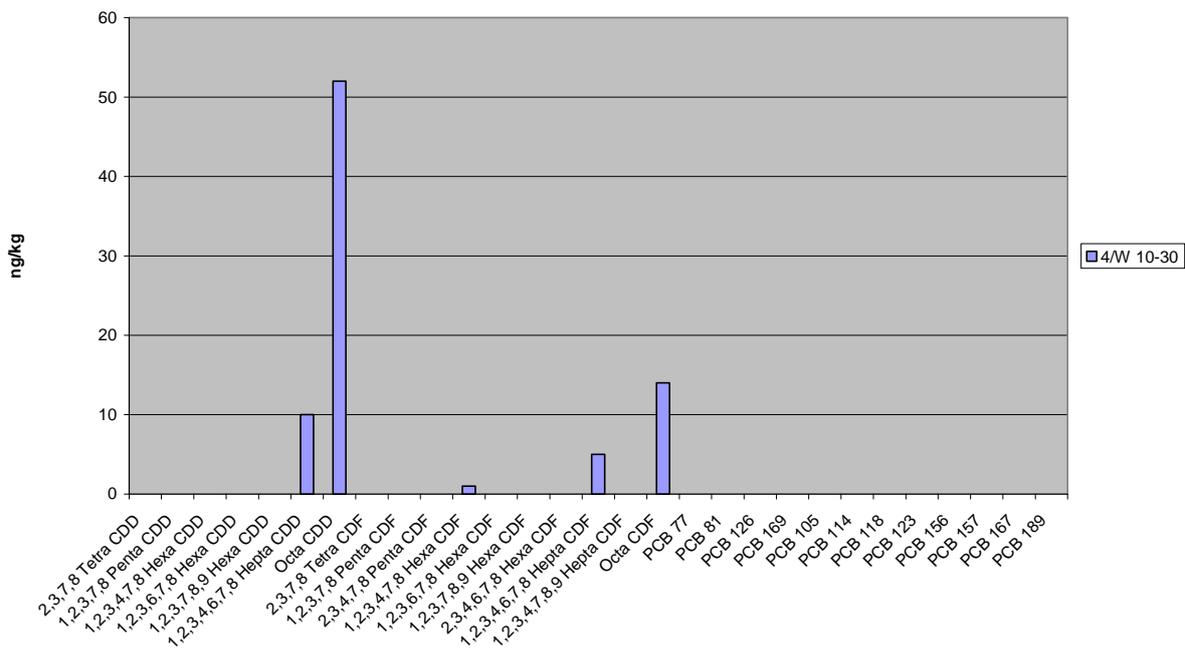
Boden LBEG



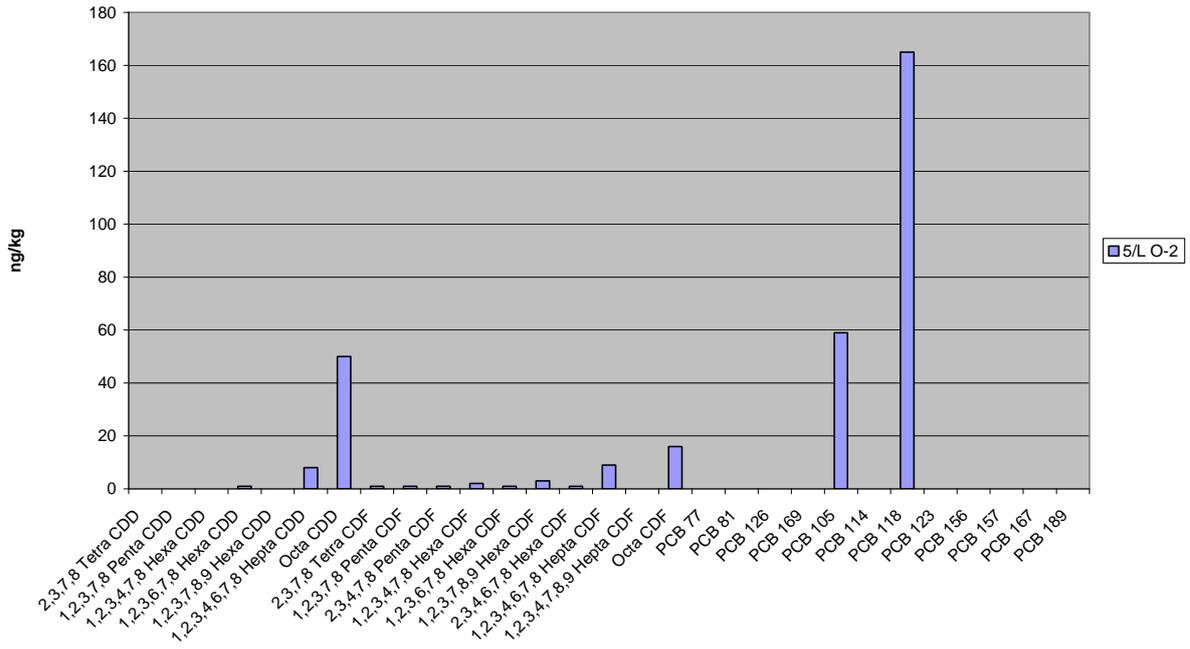
Boden LBEG



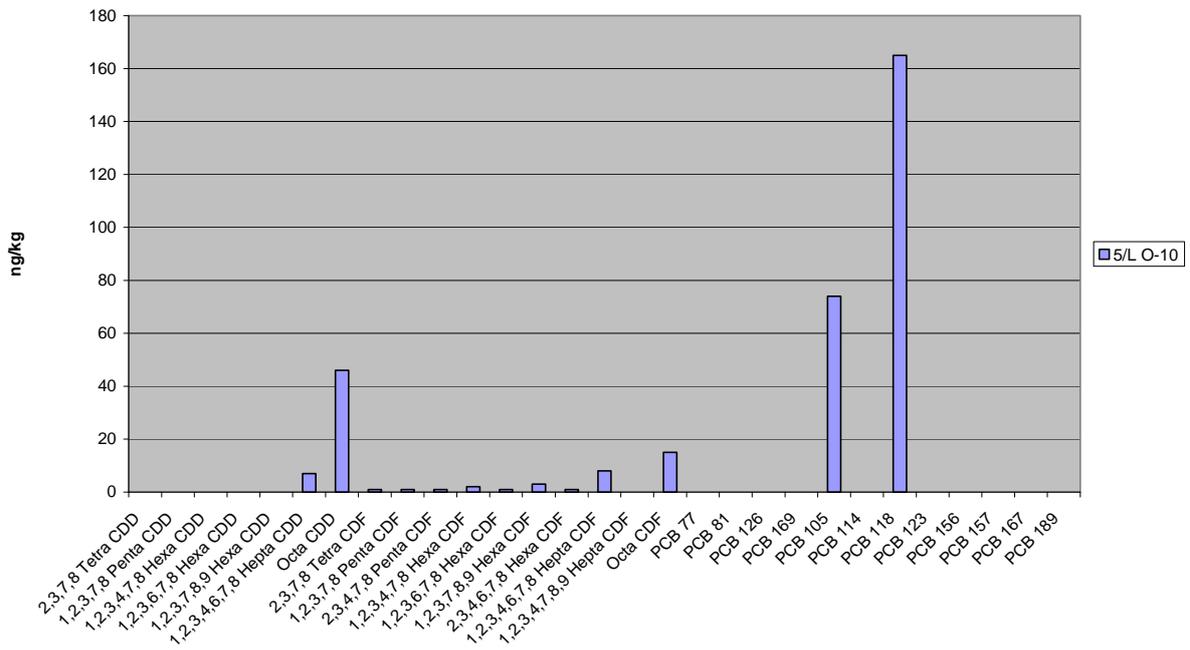
Boden LBEG



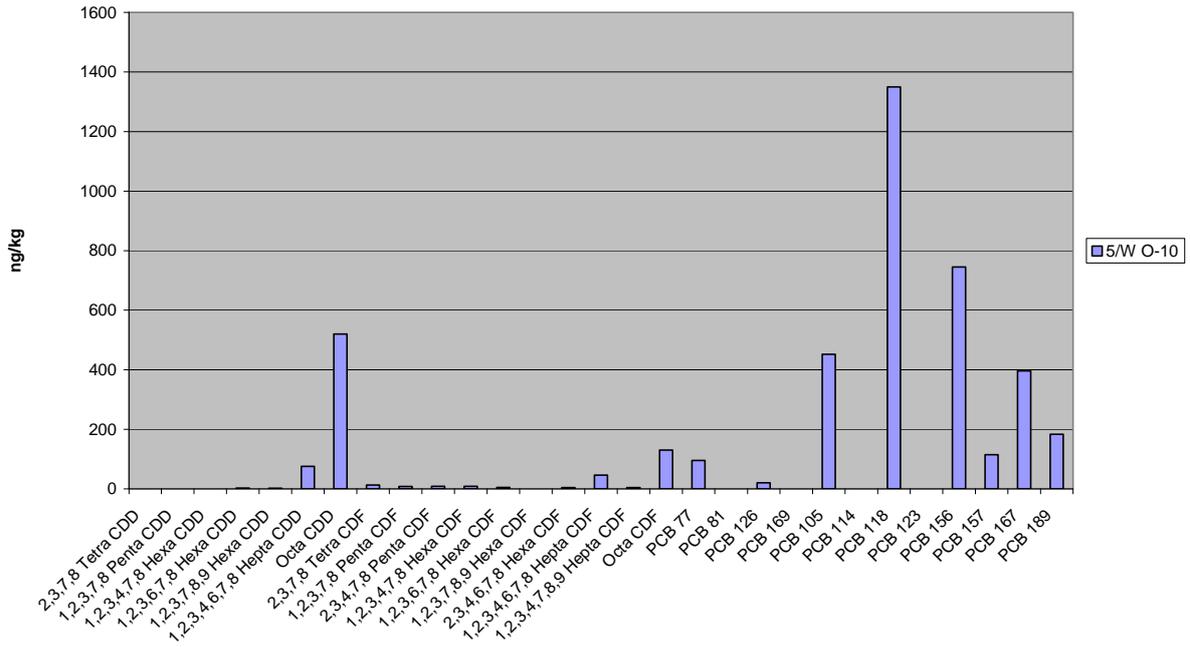
Boden LBEG



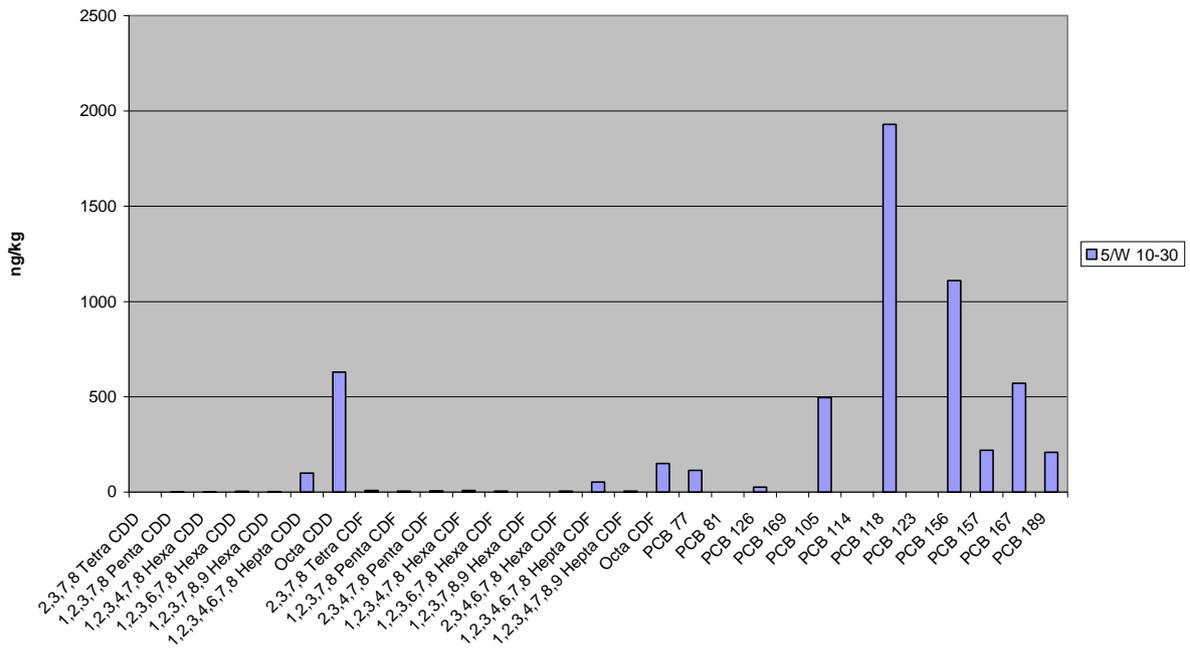
Boden LBEG



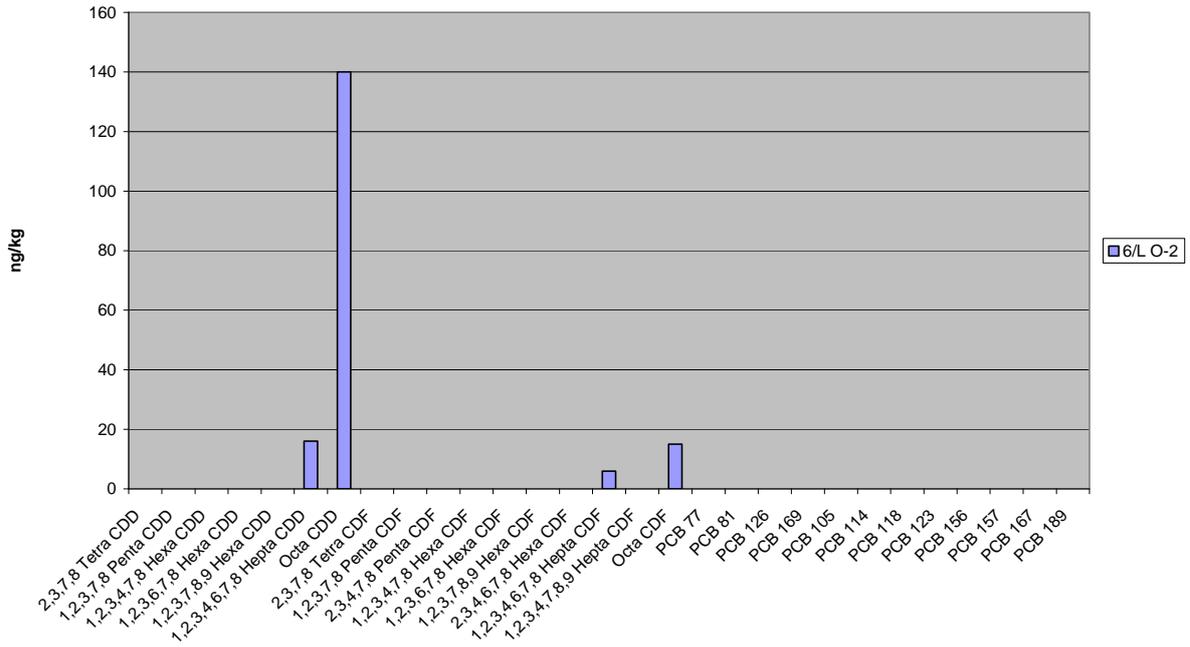
Boden LBEG



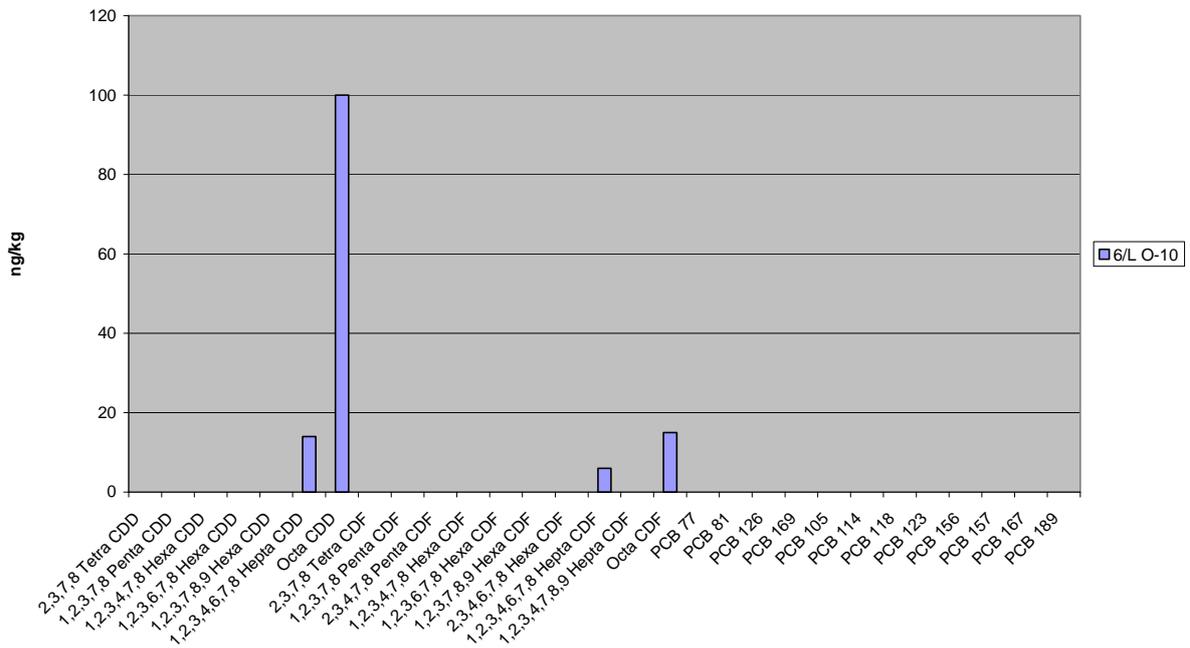
Boden LBEG



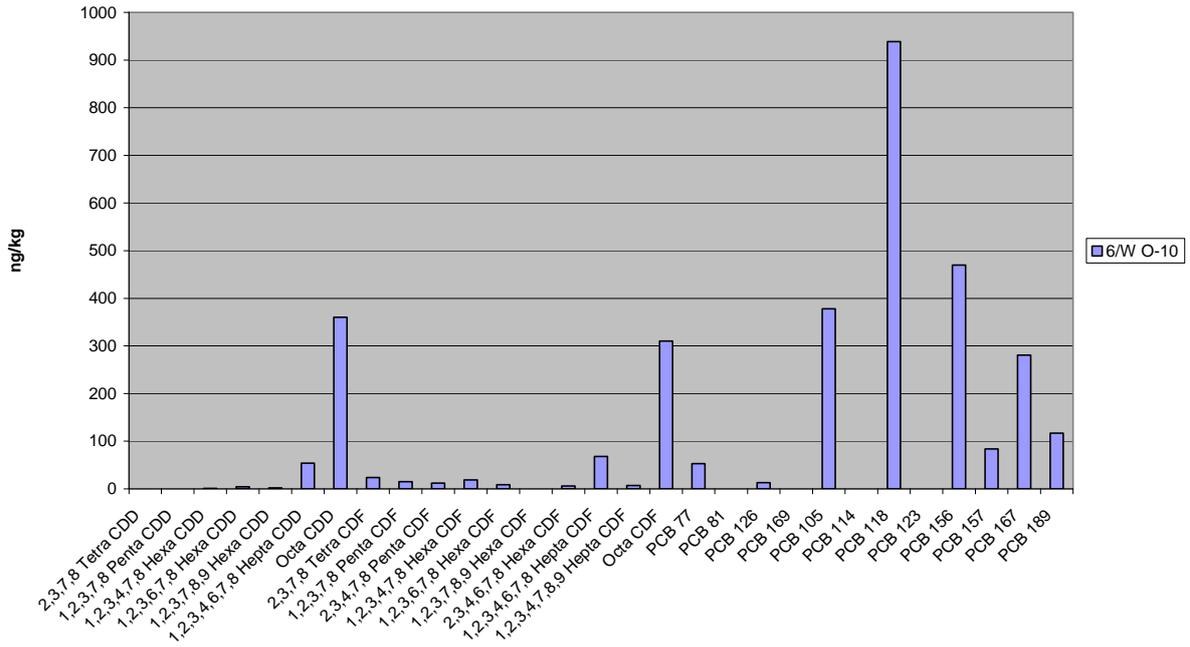
Boden LBEG



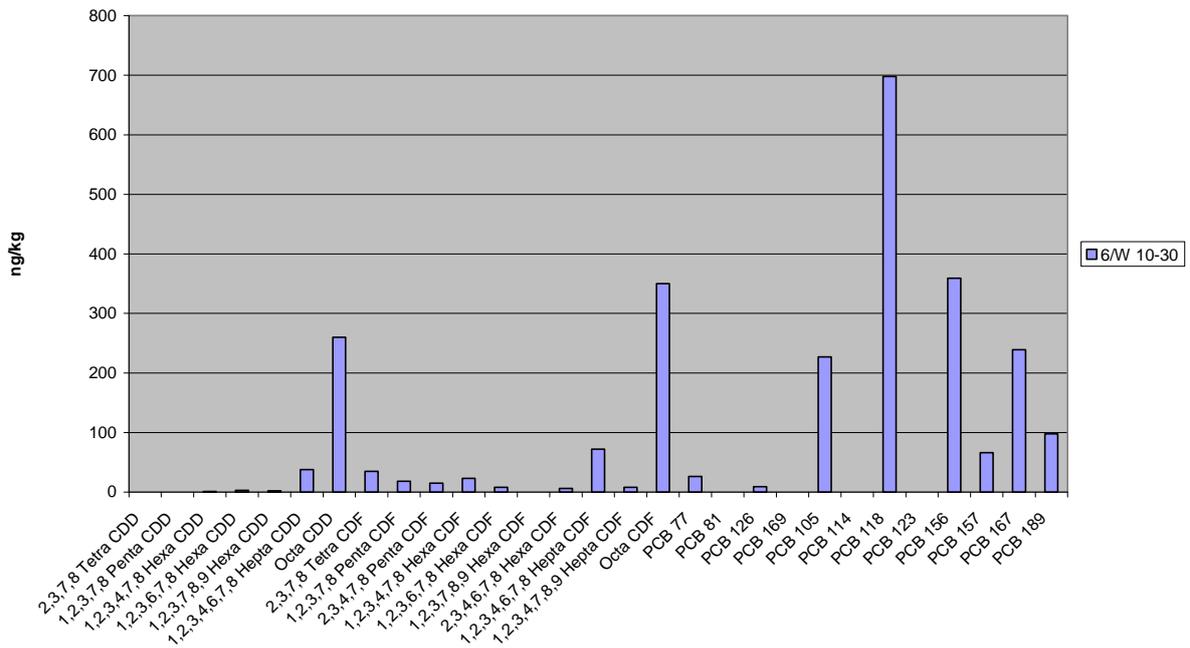
Boden LBEG



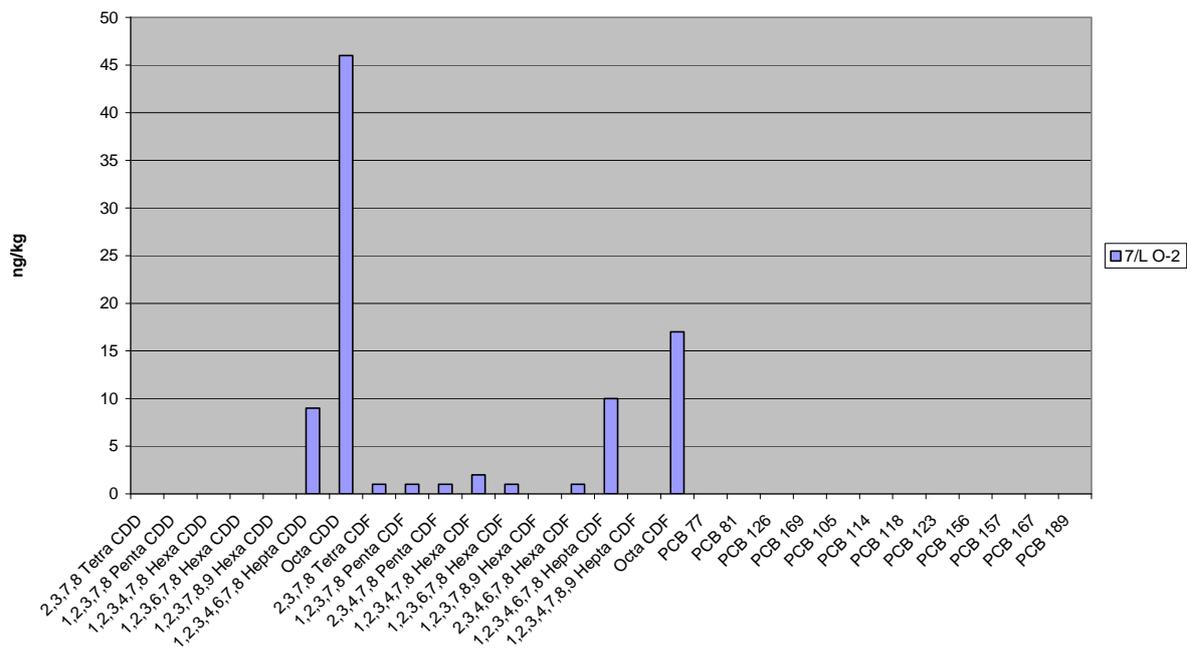
Boden LBEG



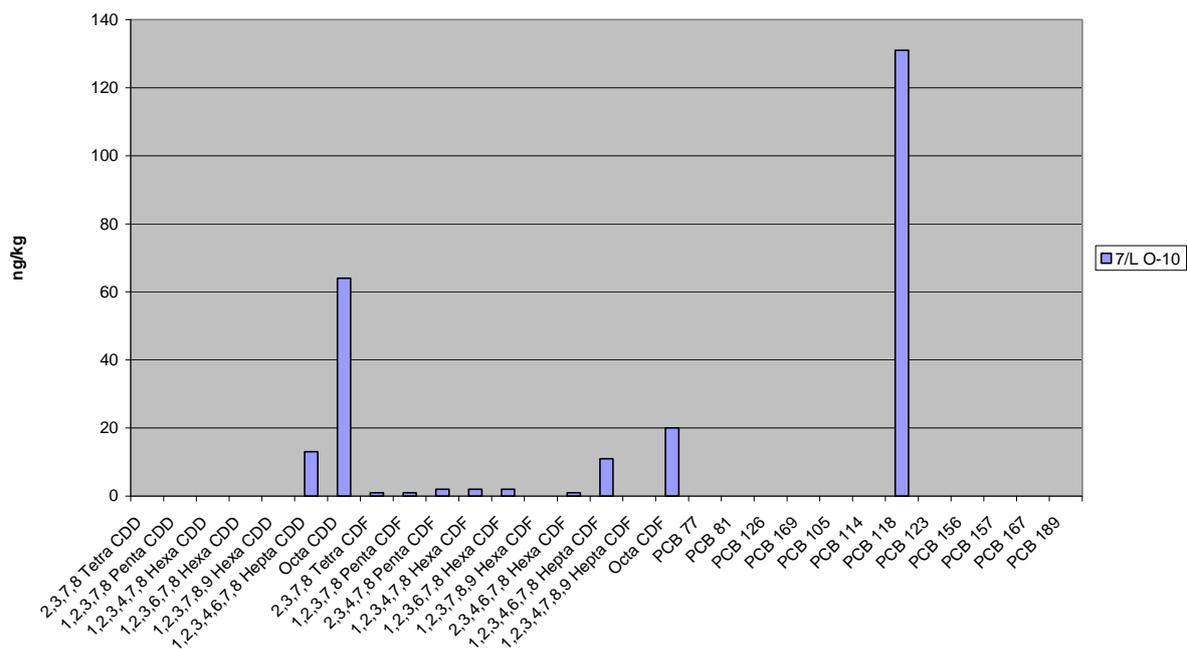
Boden LBEG



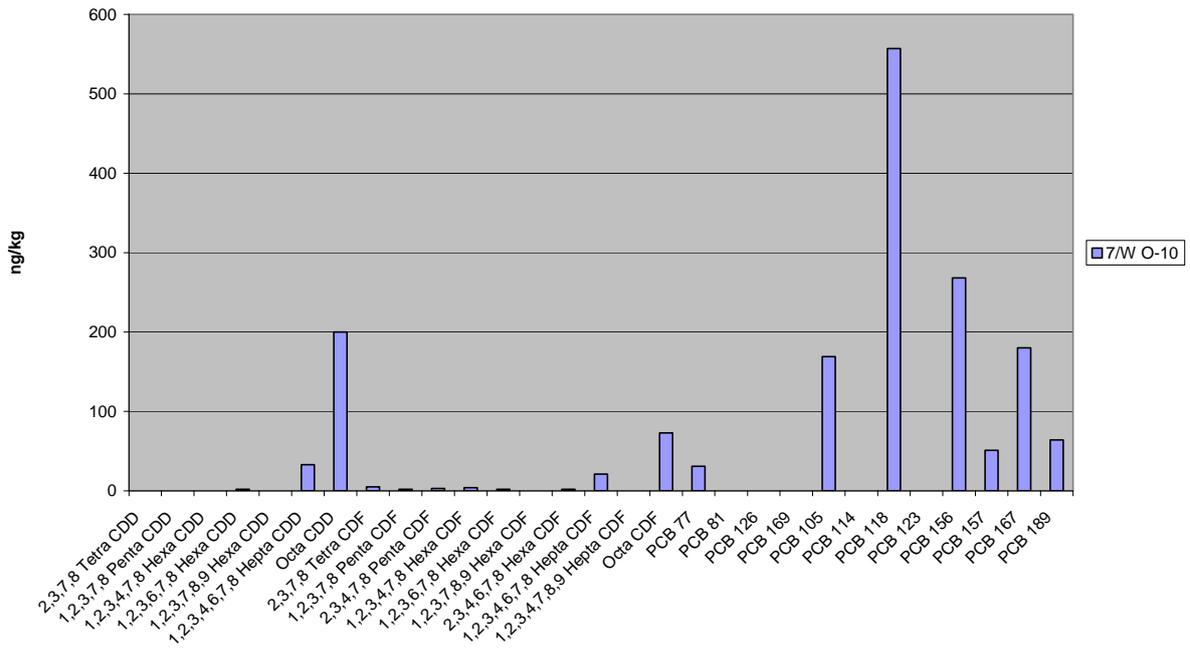
Boden LBEG



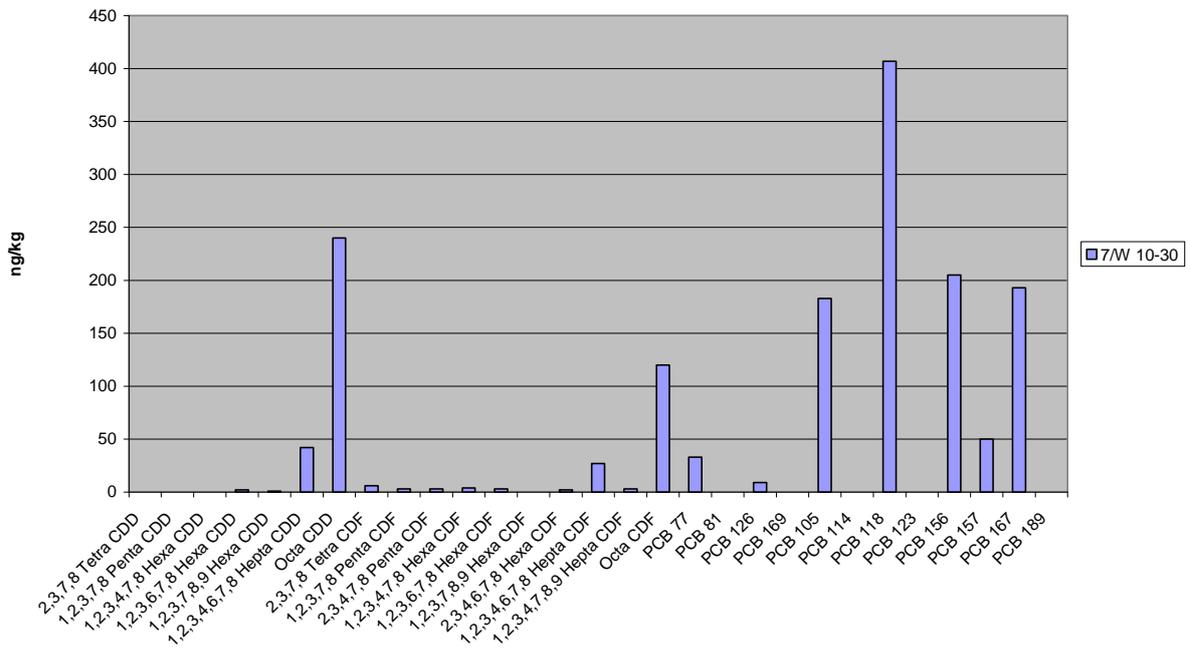
Boden LBEG



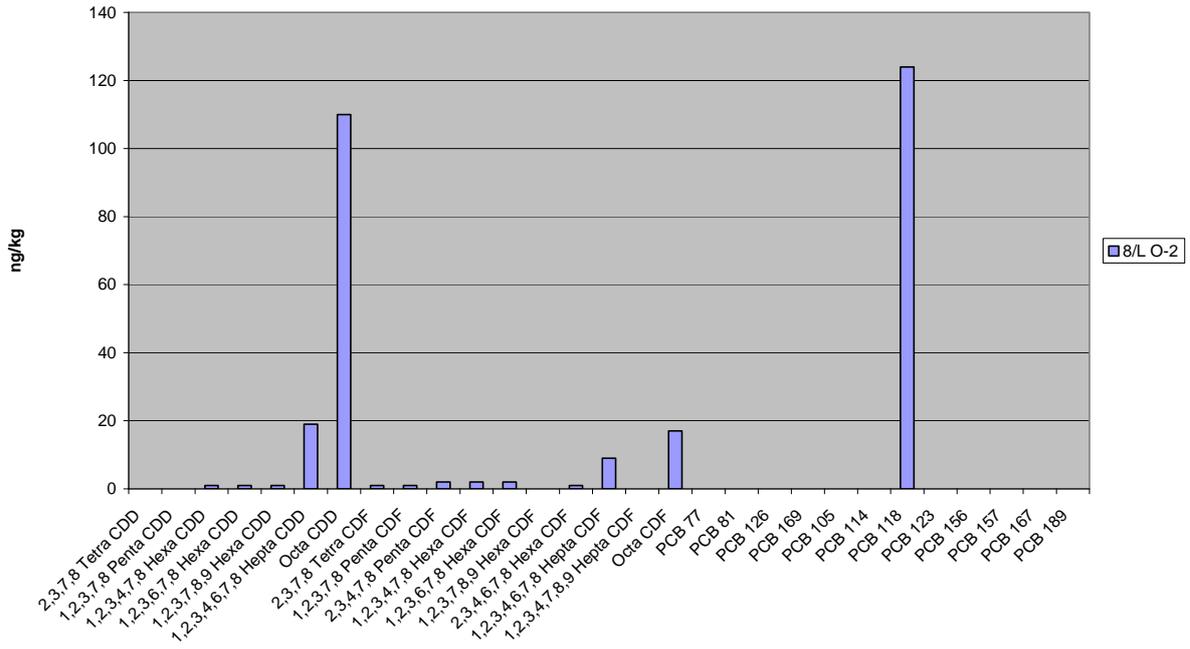
Boden LBEG



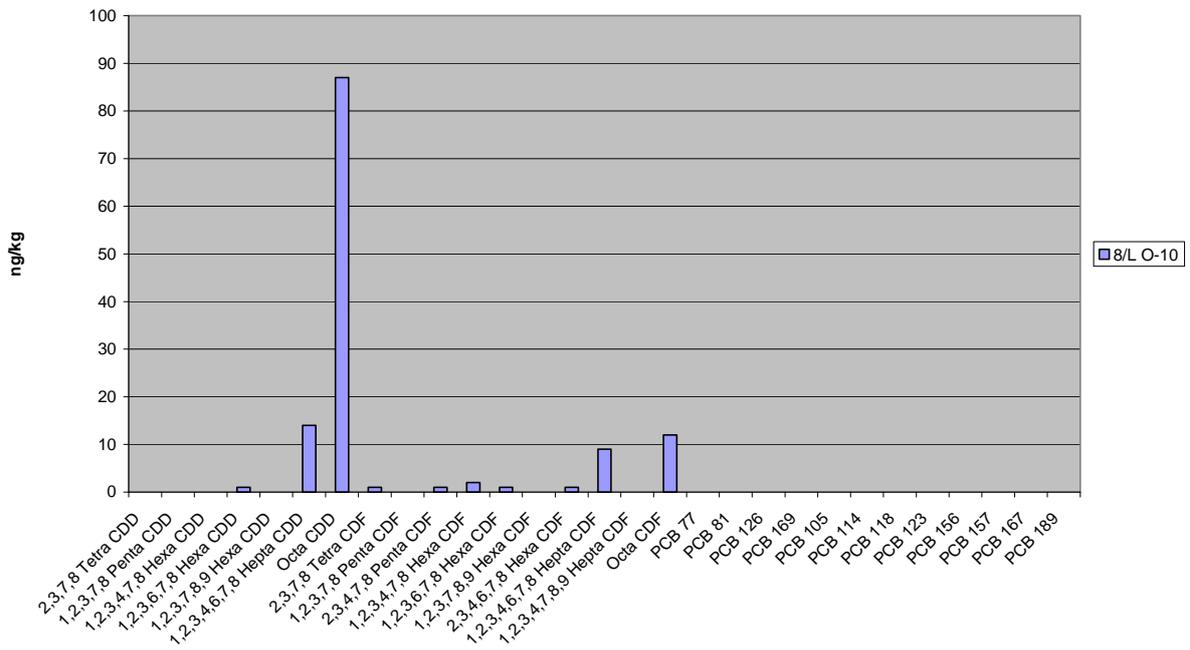
Boden LBEG



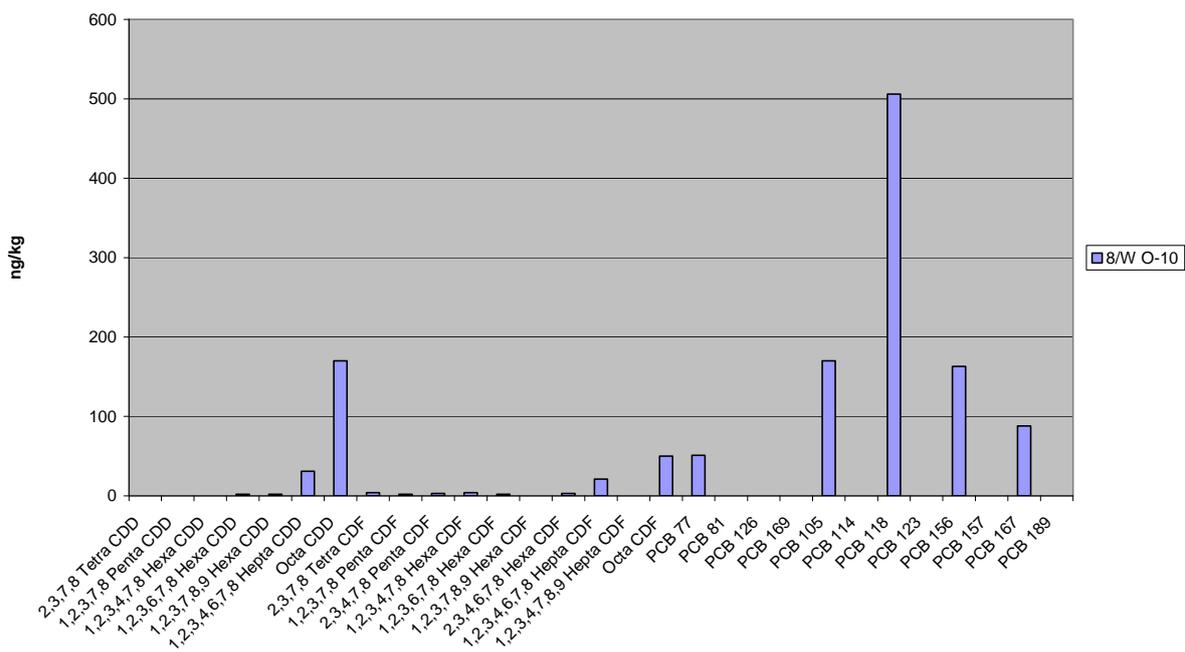
Boden LBEG



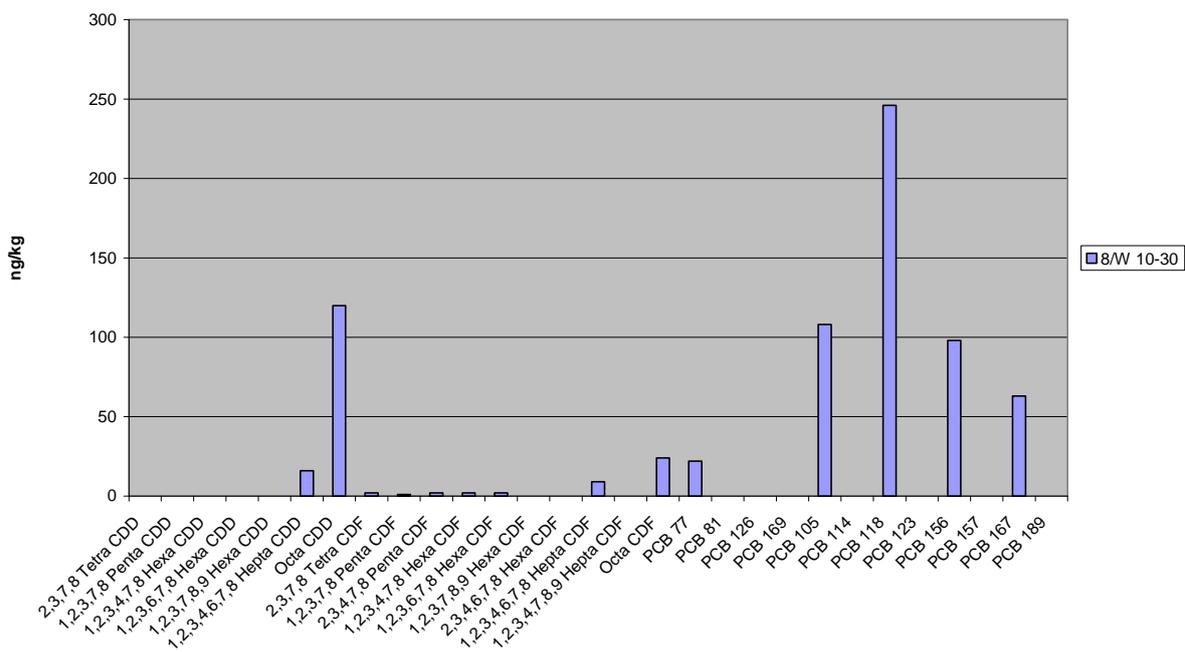
Boden LBEG



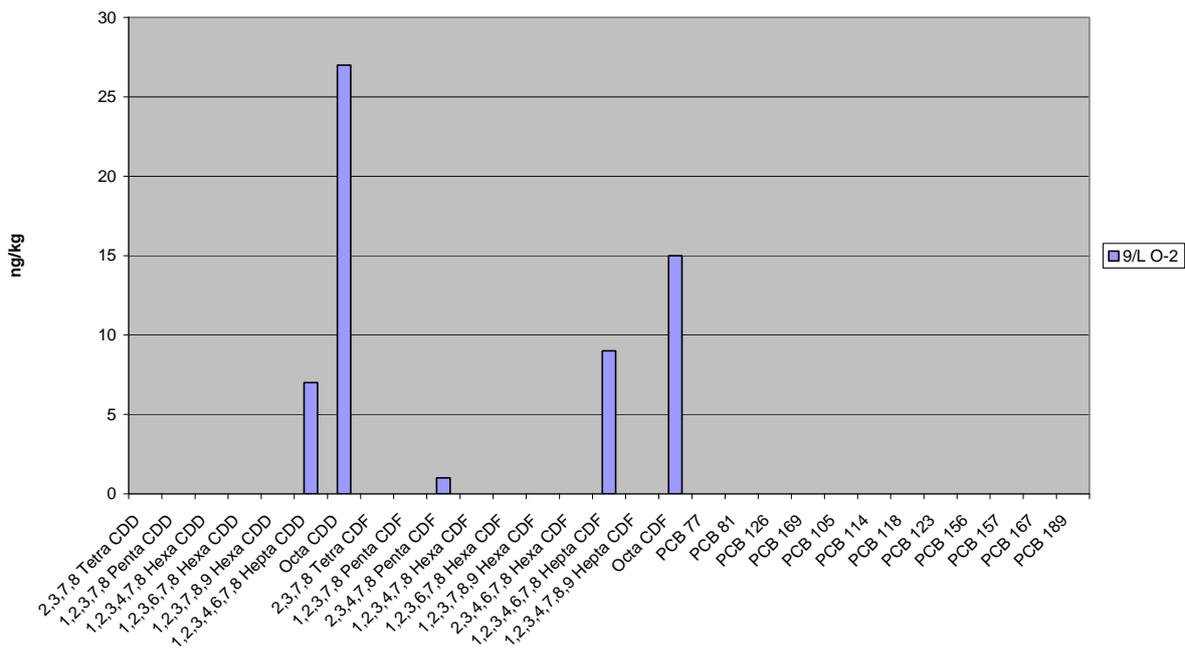
Boden LBEG



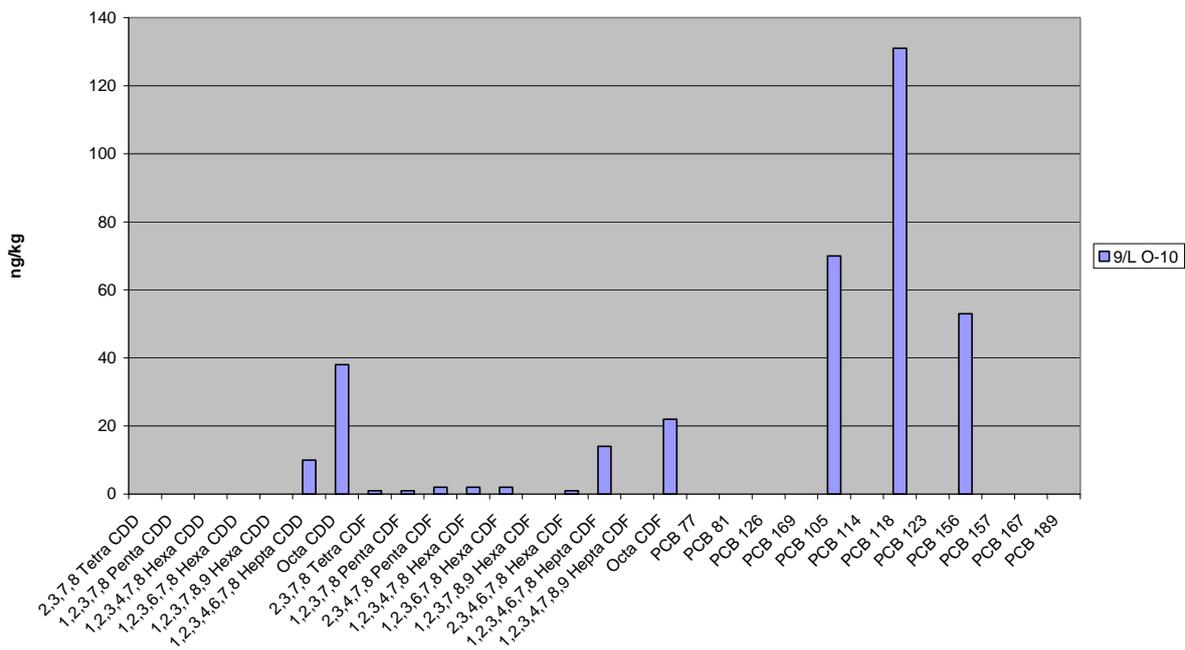
Boden LBEG



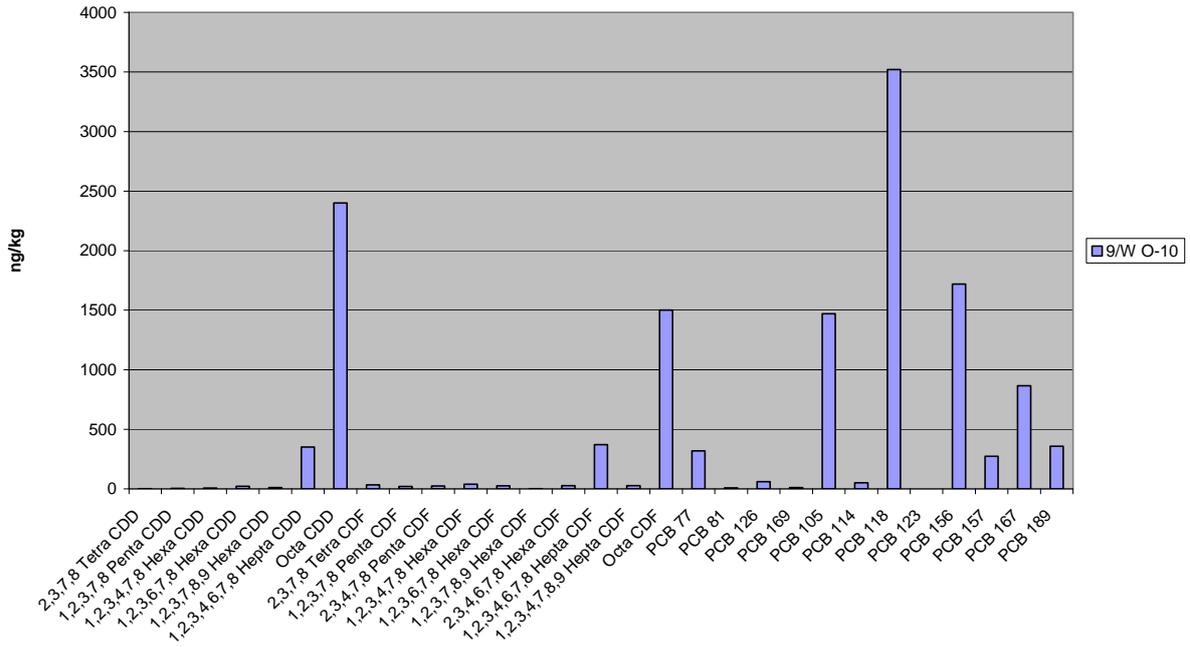
Boden LBEG



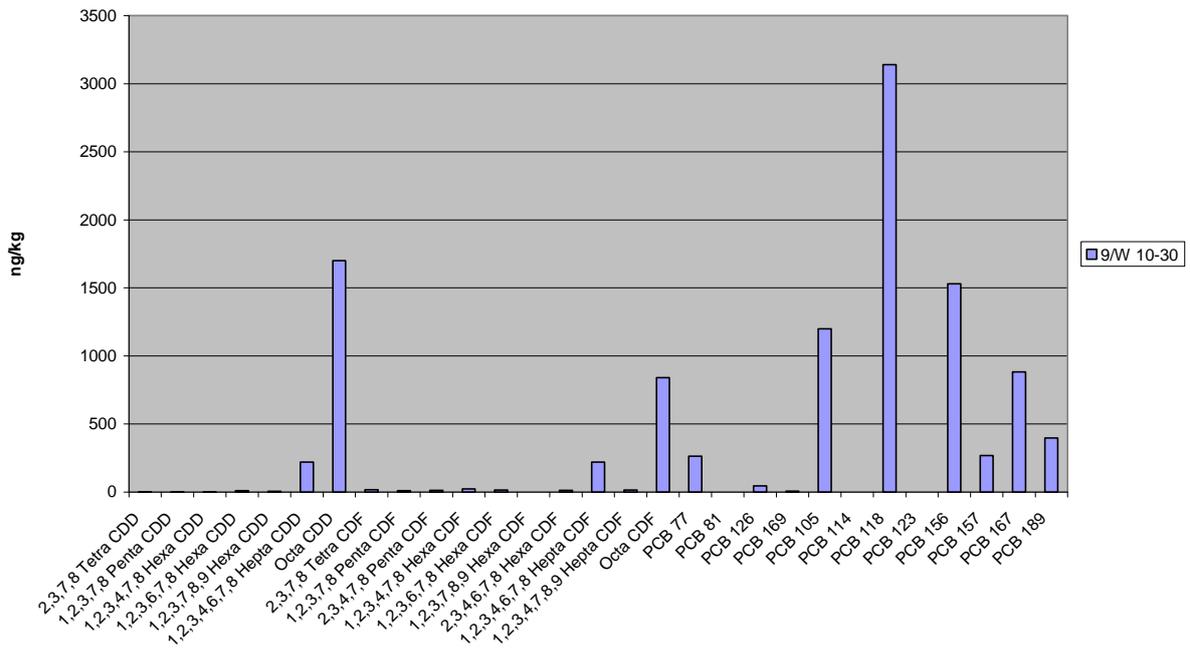
Boden LBEG



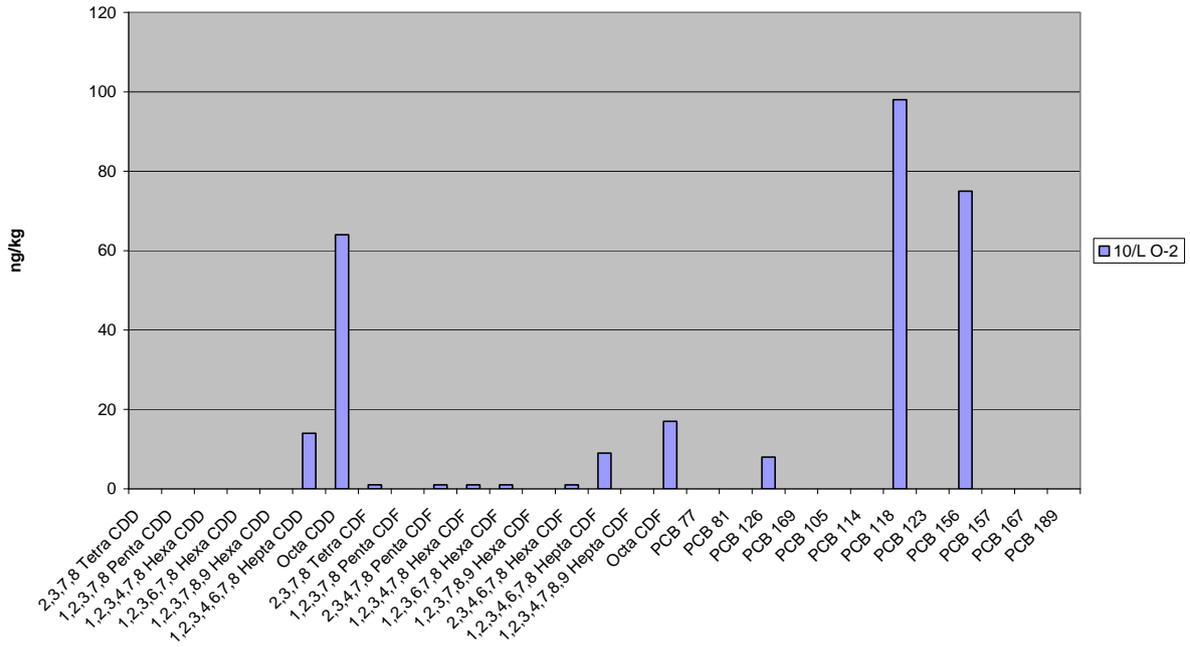
Boden LBEG



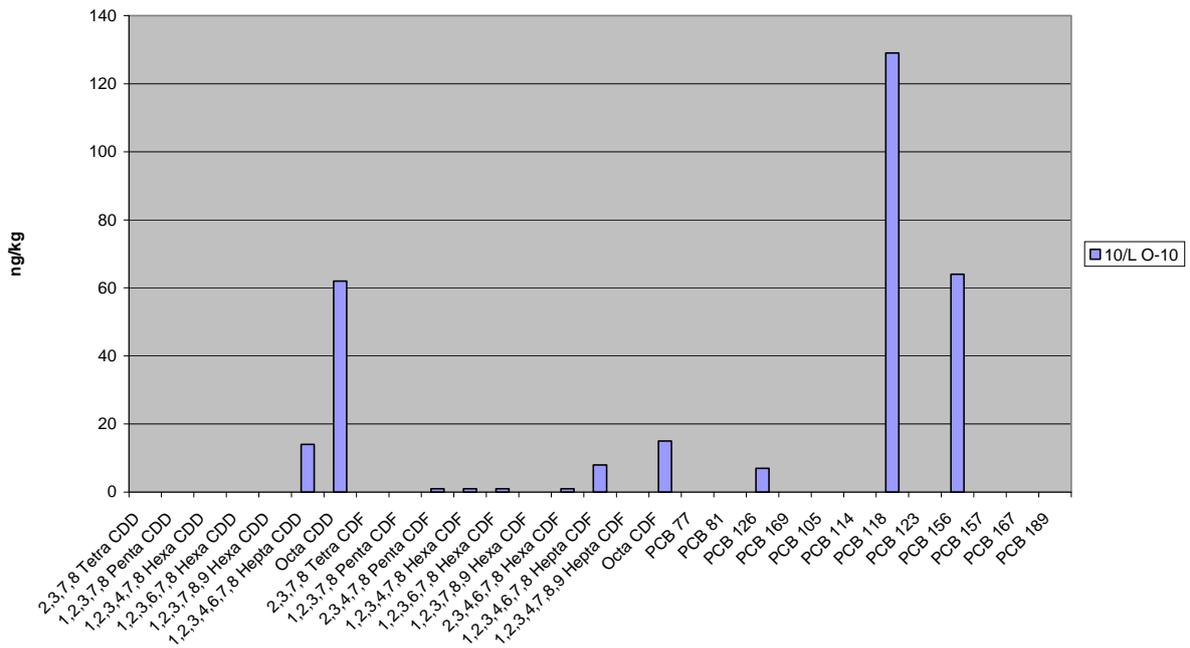
Boden LBEG



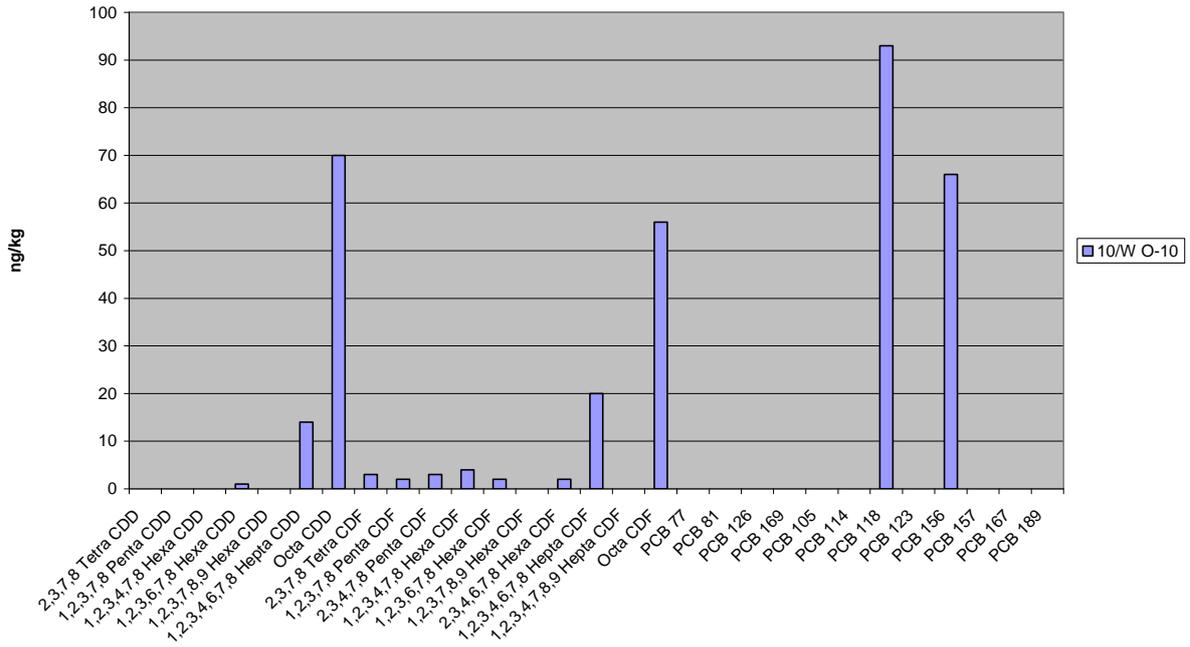
Boden LBEG



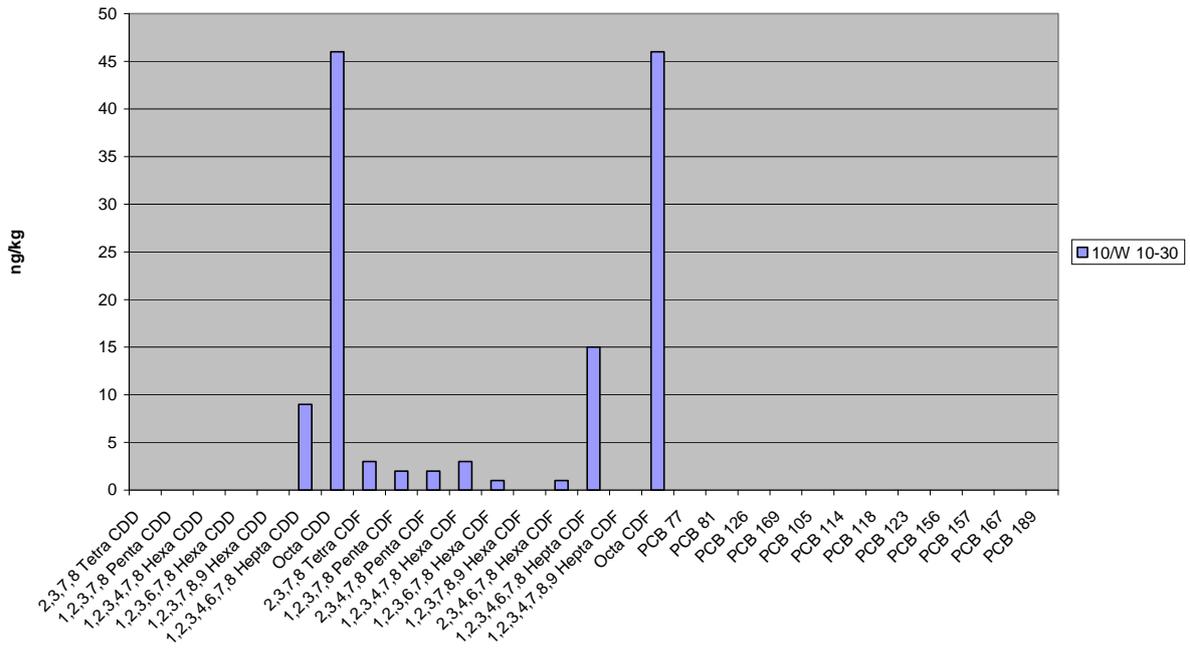
Boden LBEG



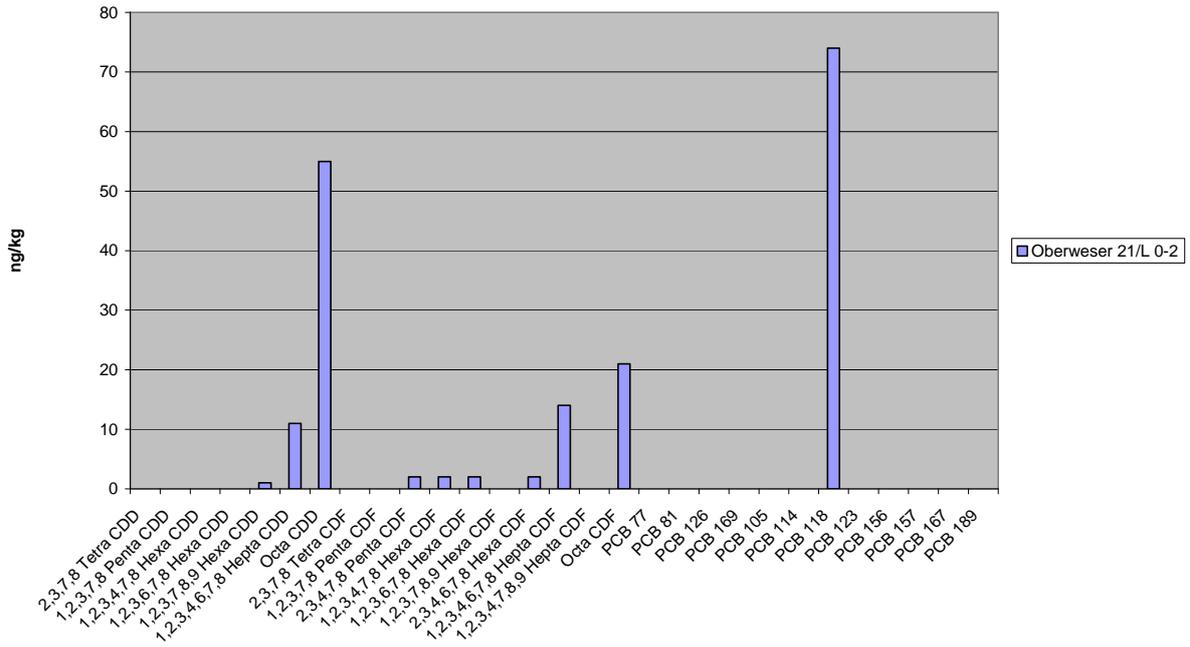
Boden LBEG



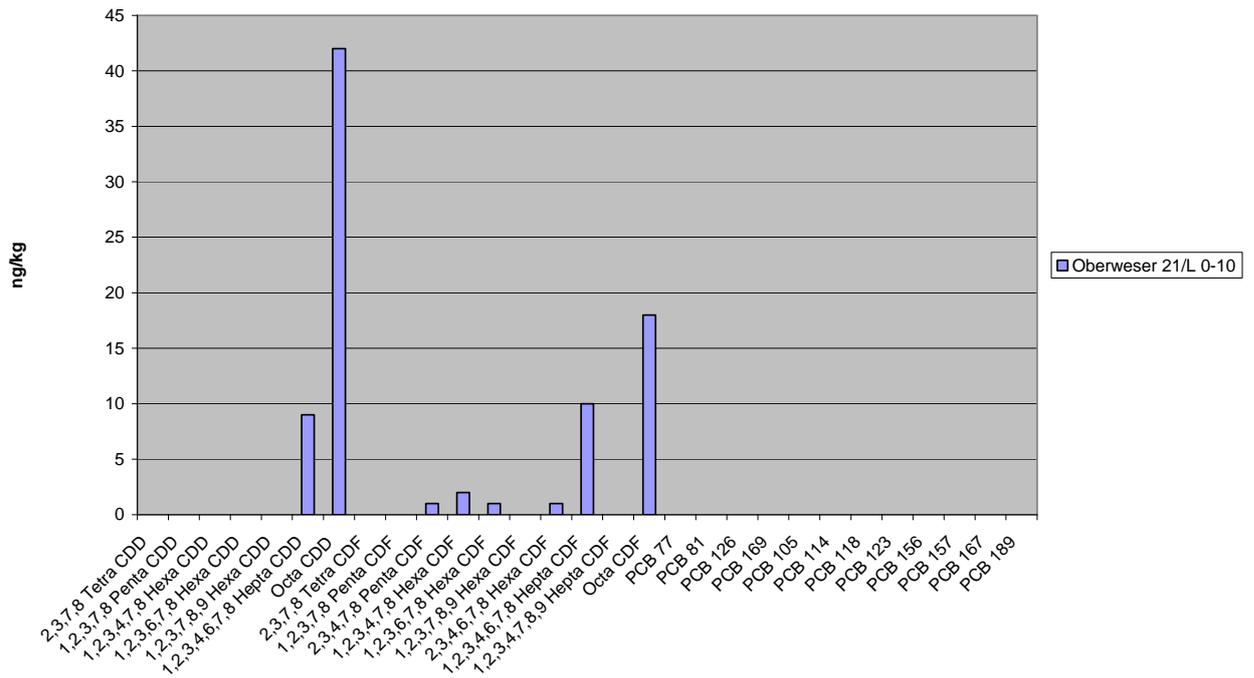
Boden LBEG



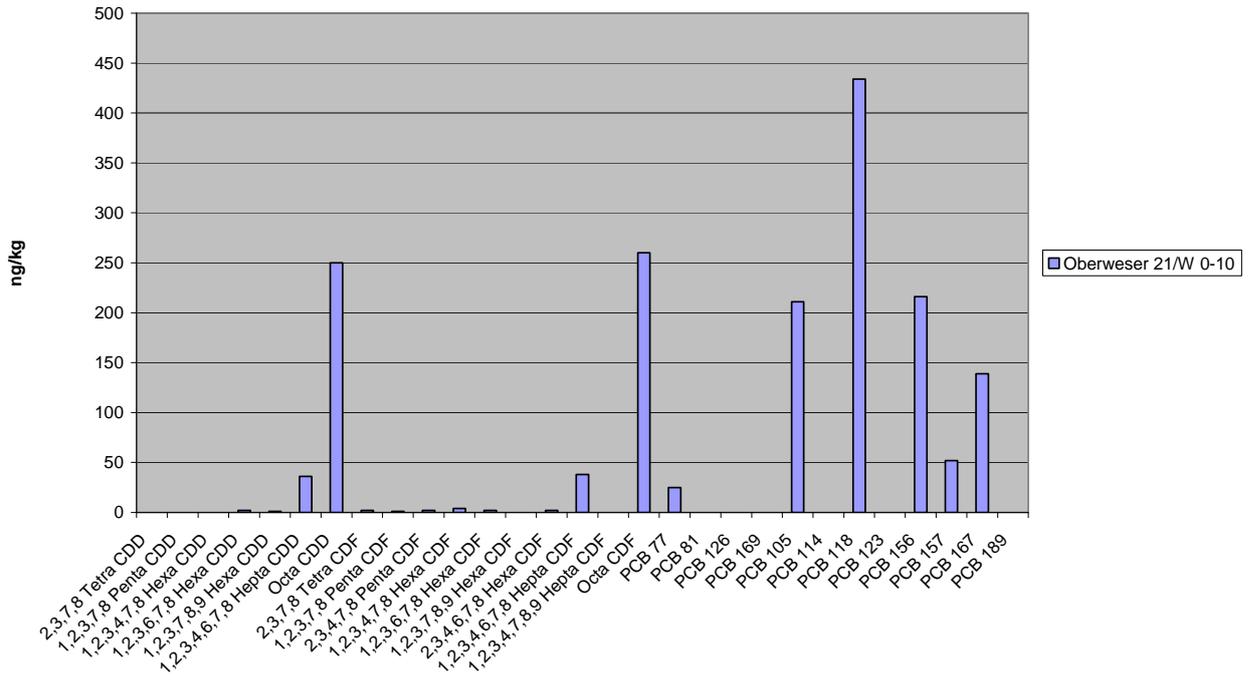
Boden LBEG



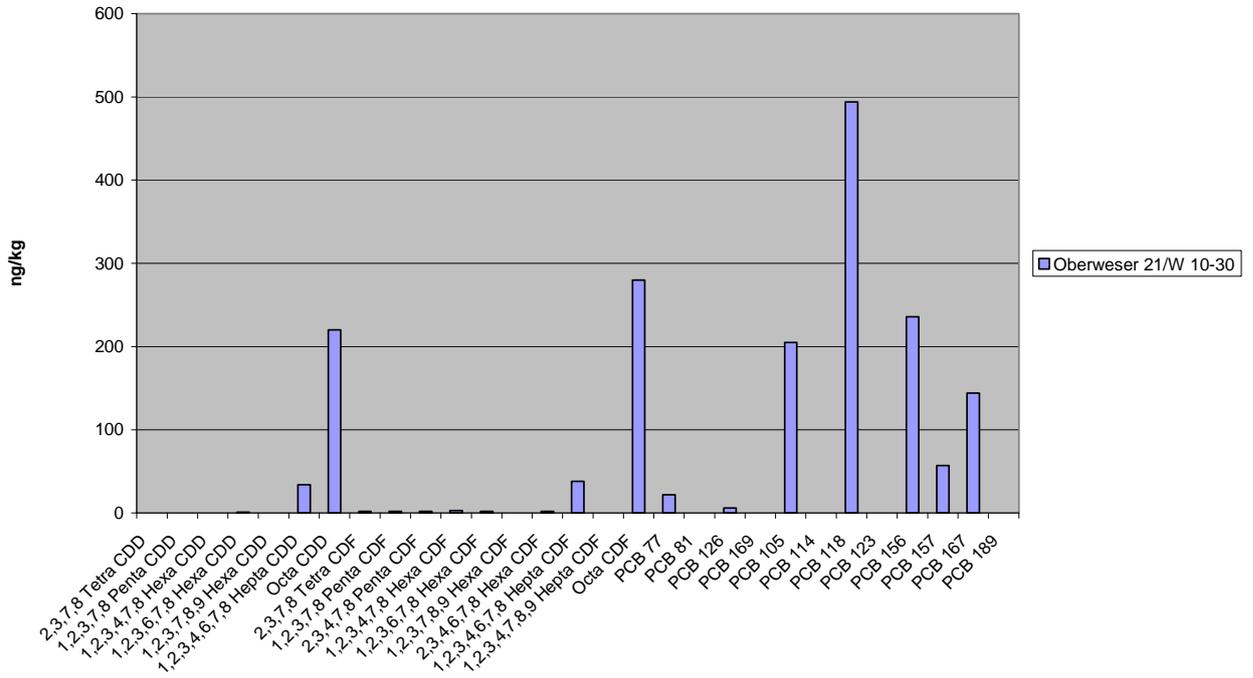
Boden LBEG



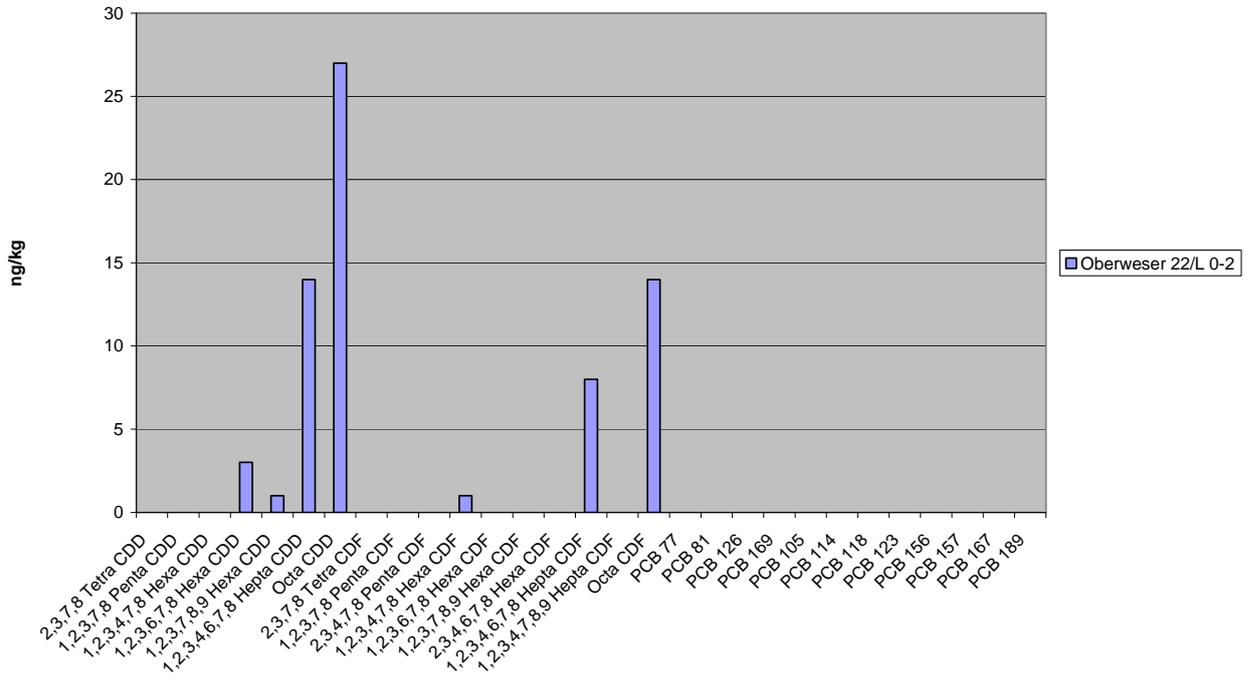
Boden LBEG



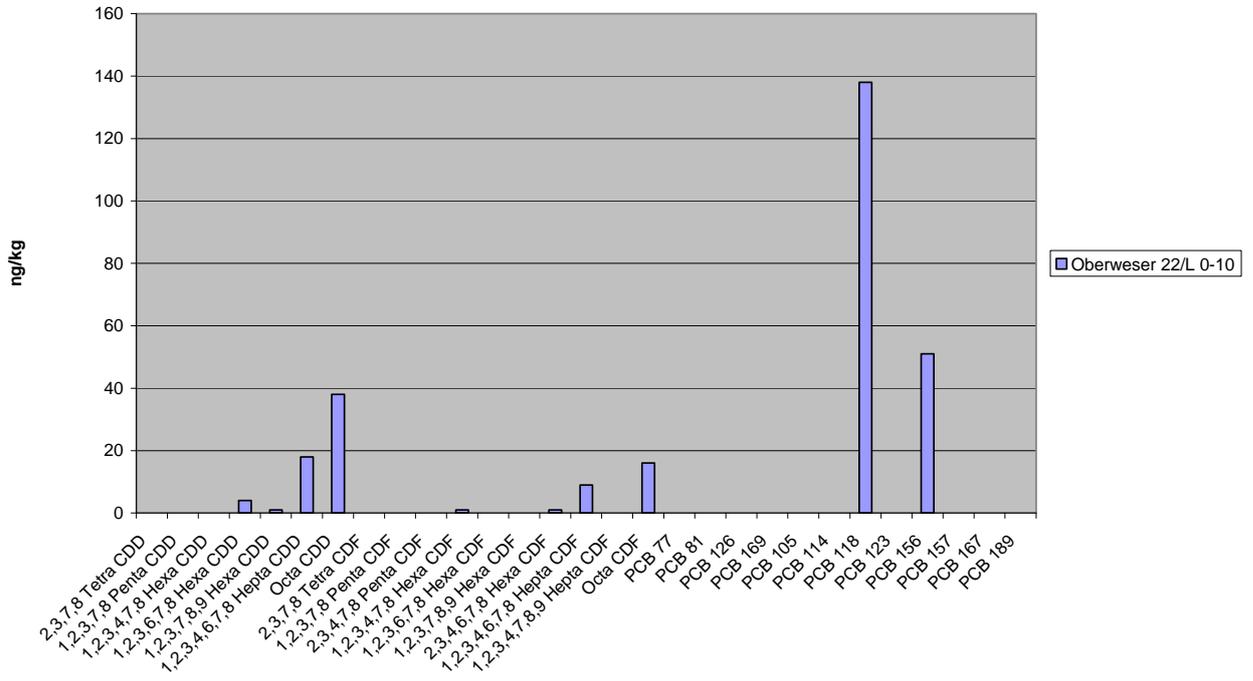
Boden LBEG



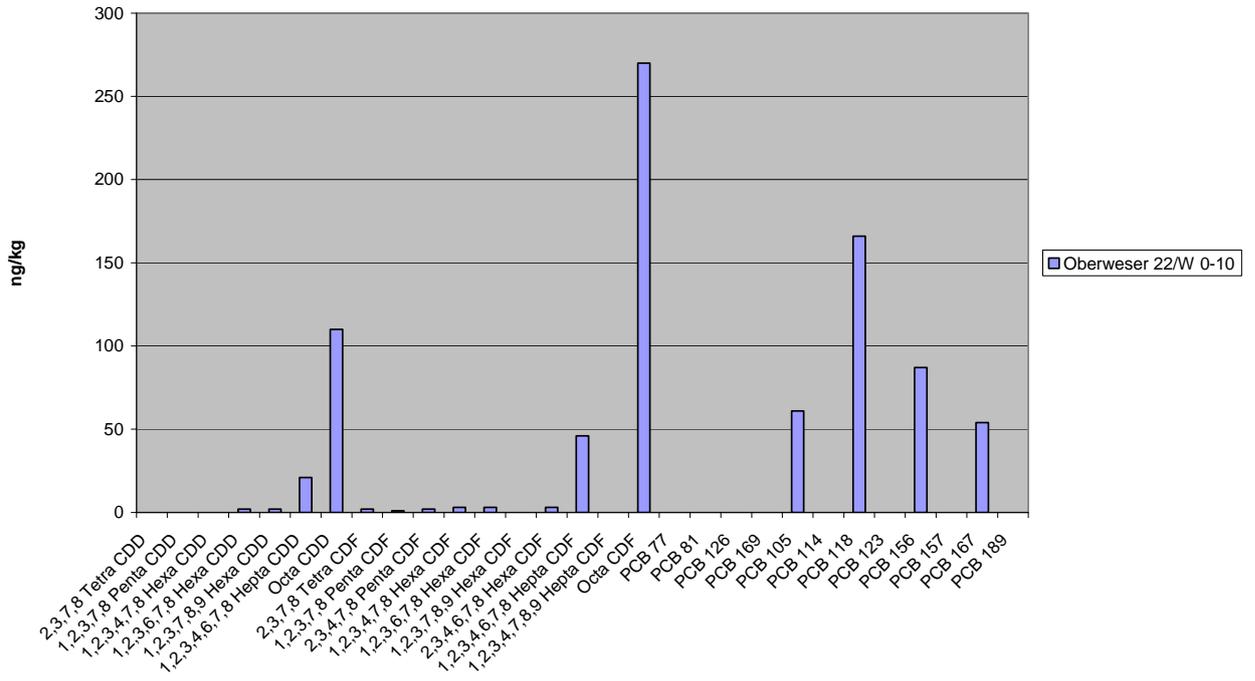
Boden LBEG



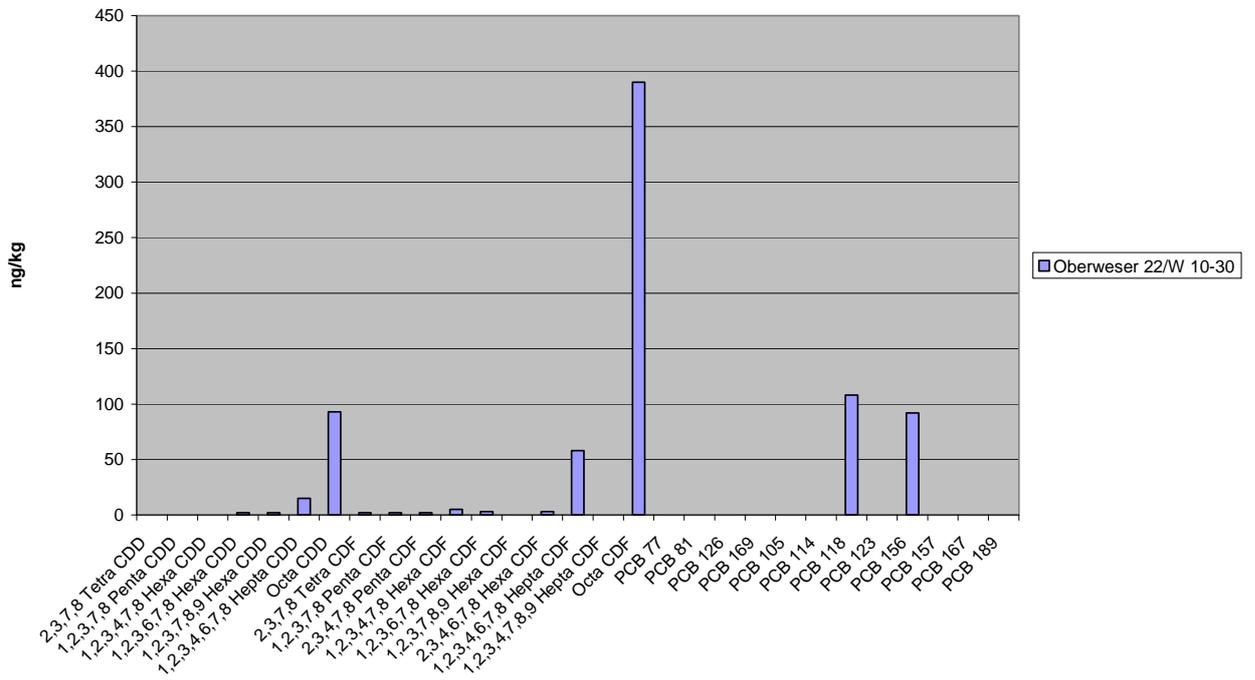
Boden LBEG



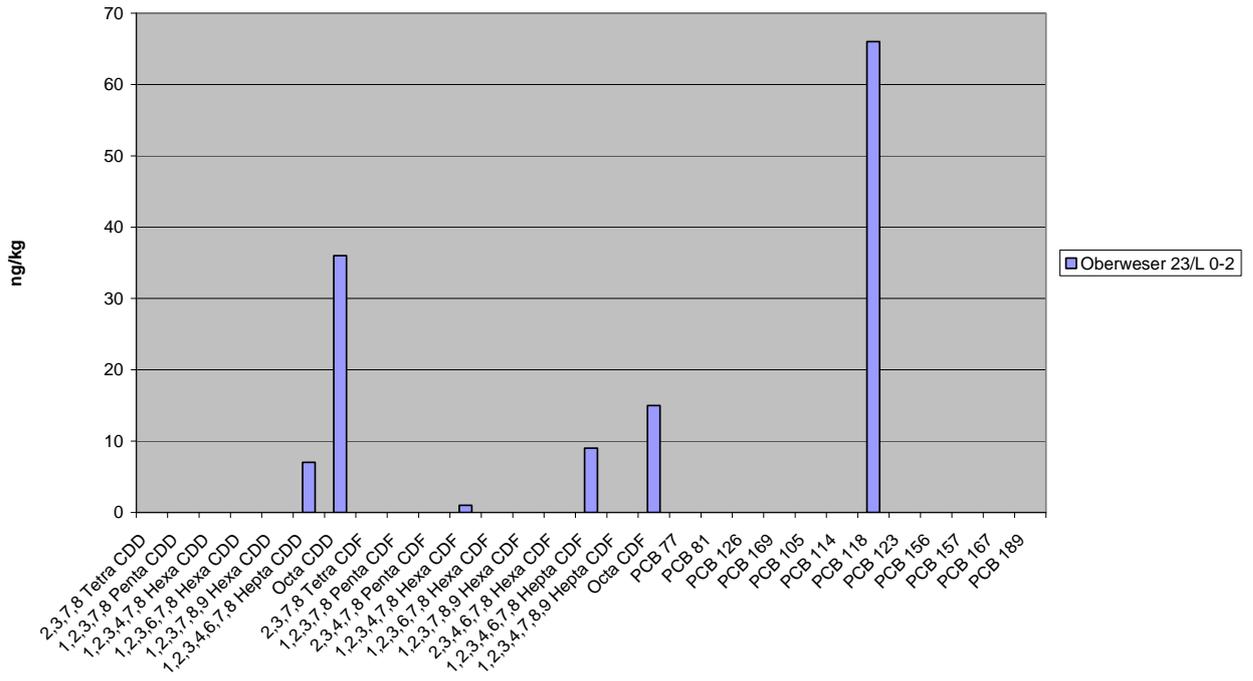
Boden LBEG



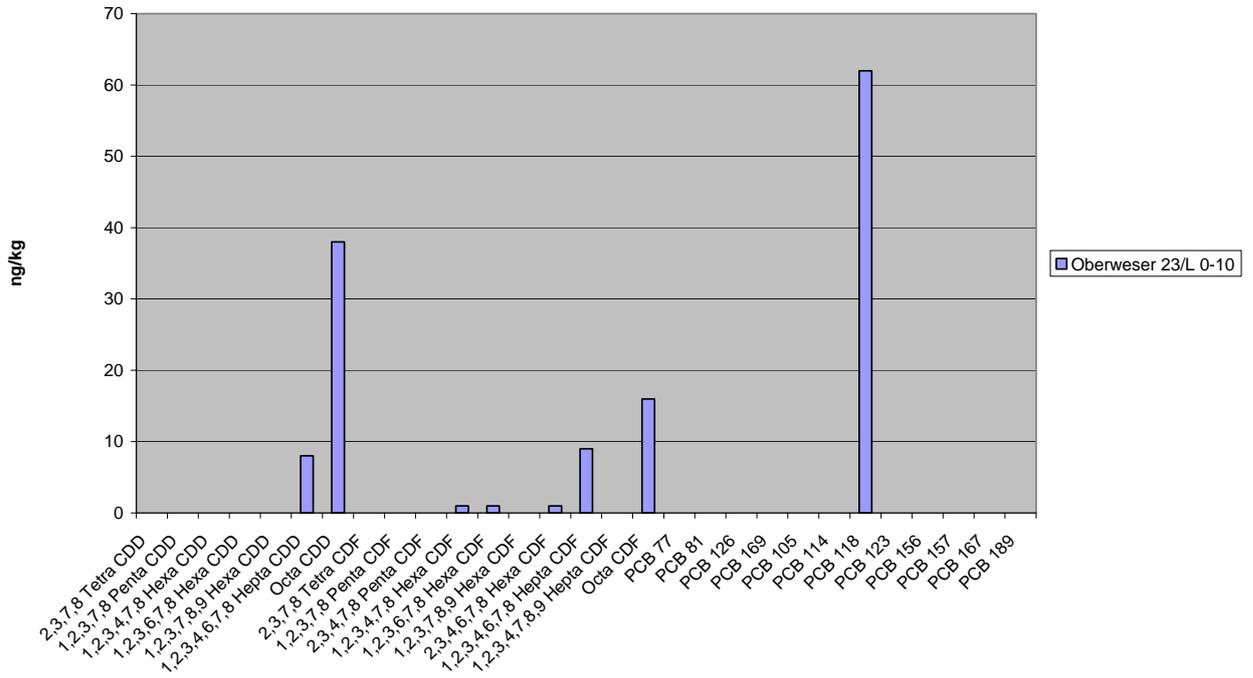
Boden LBEG



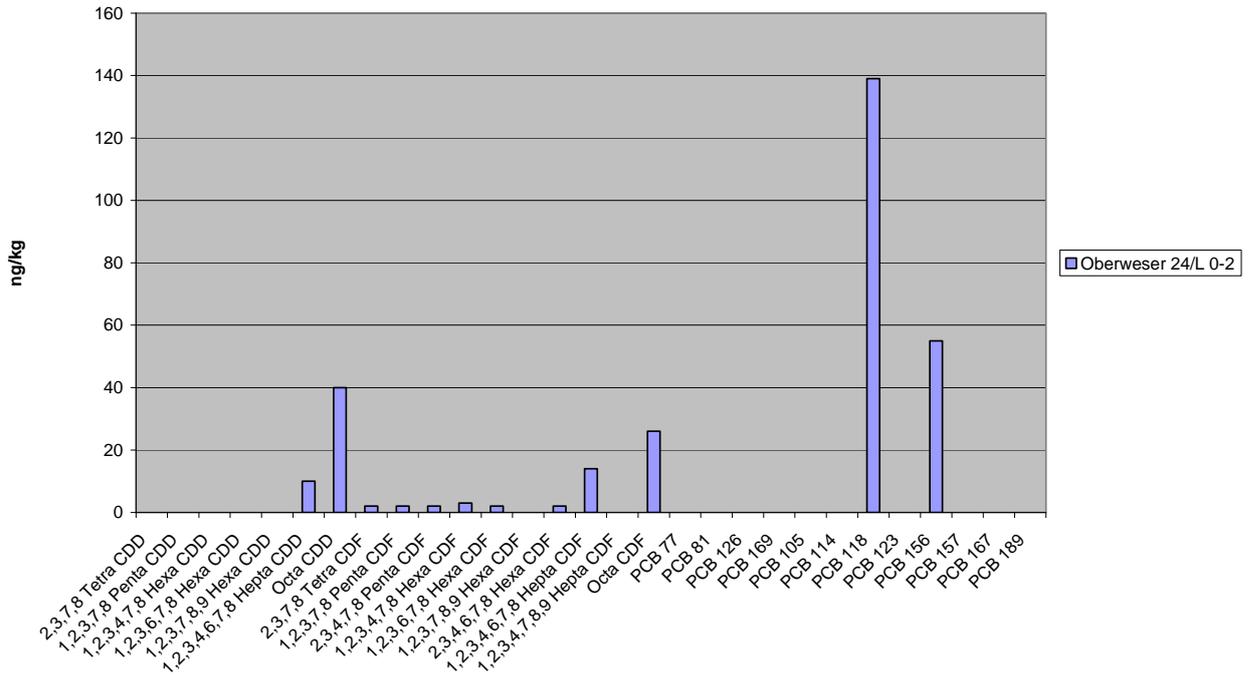
Boden LBEG



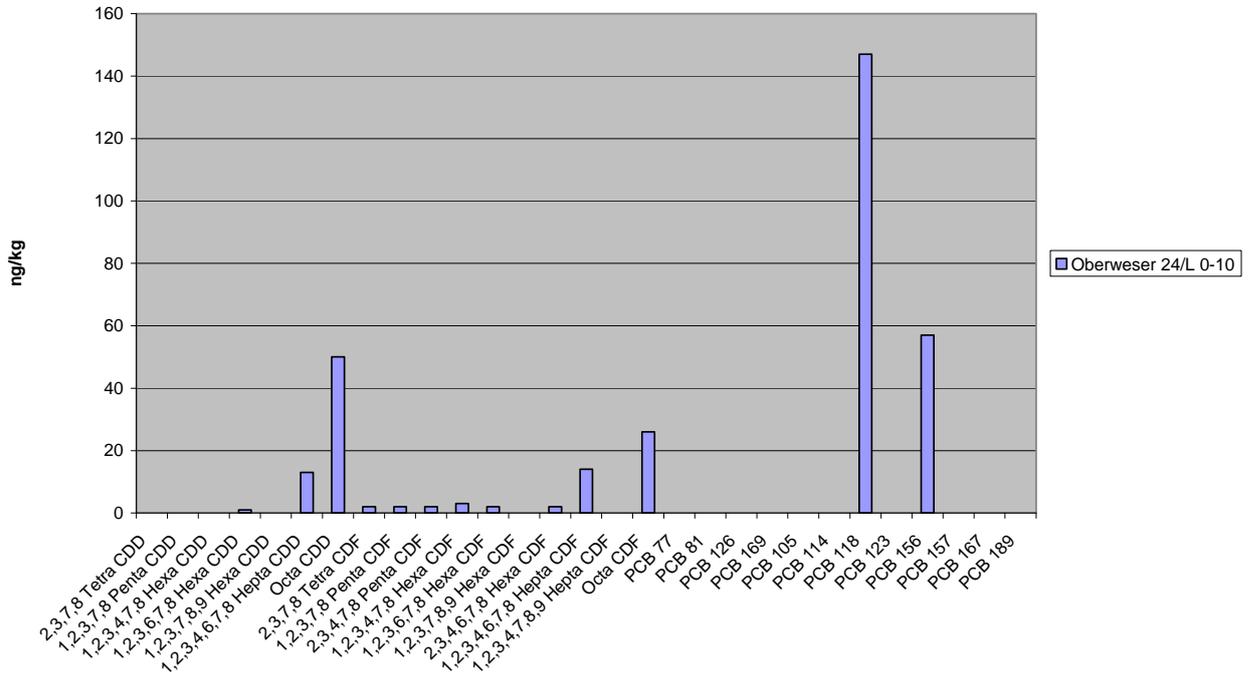
Boden LBEG



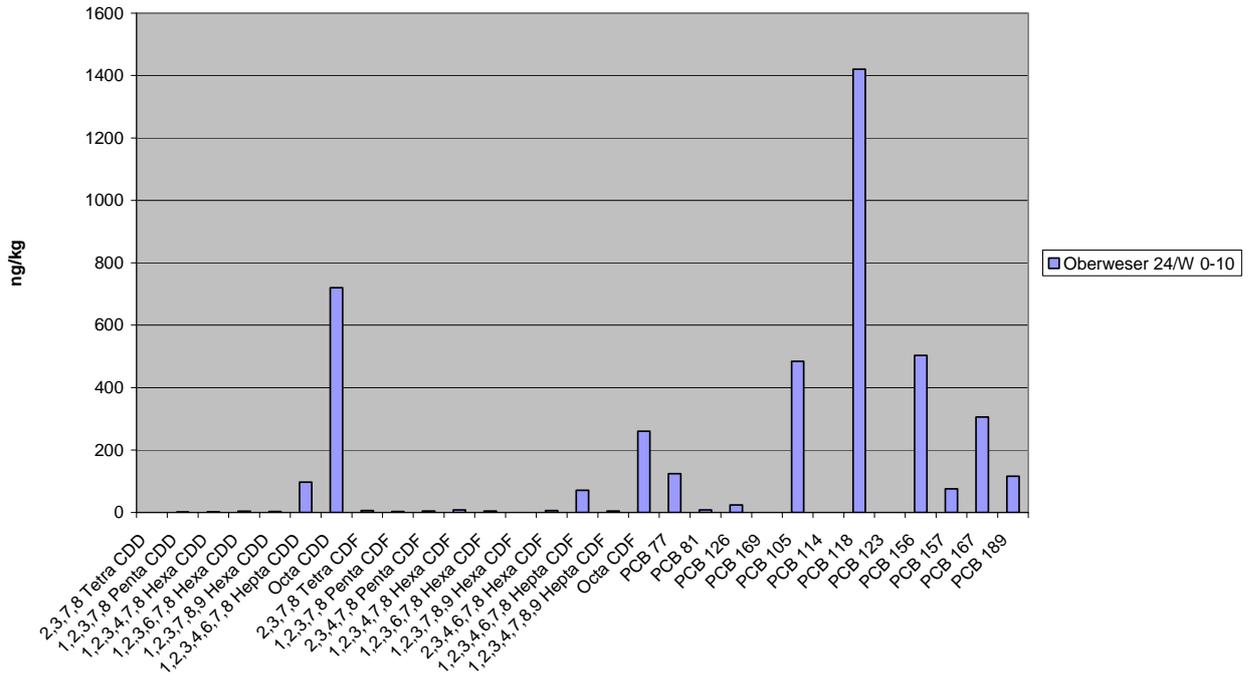
Boden LBEG



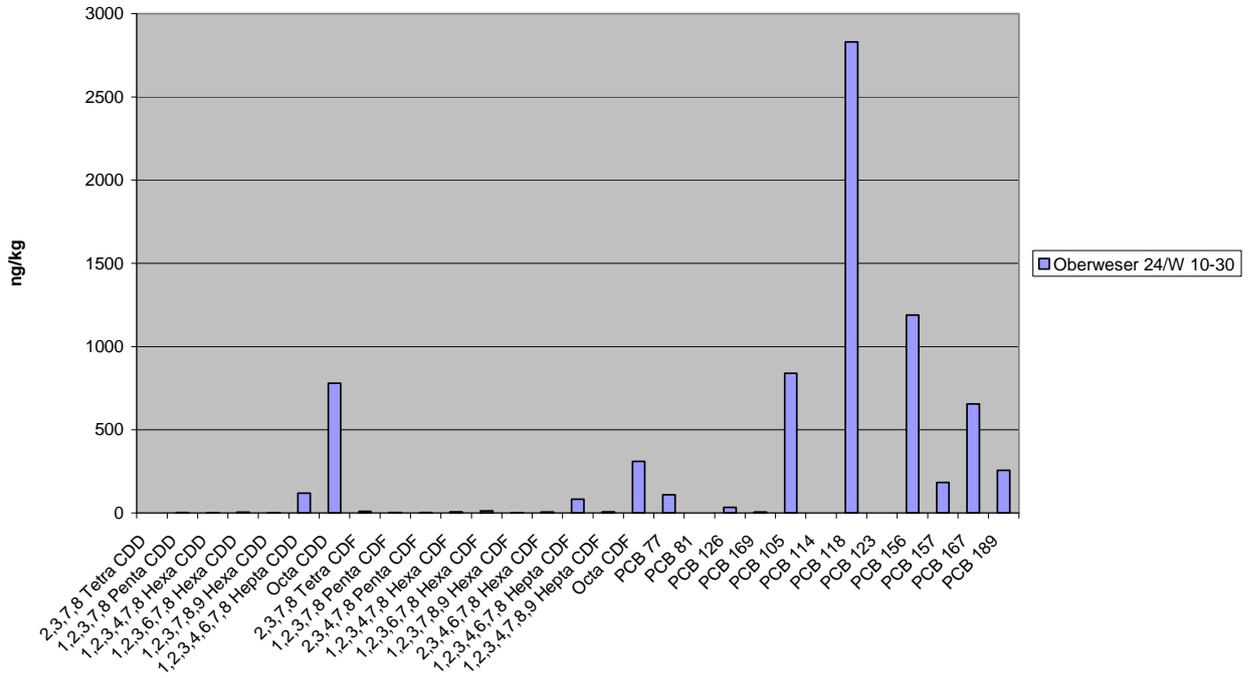
Boden LBEG



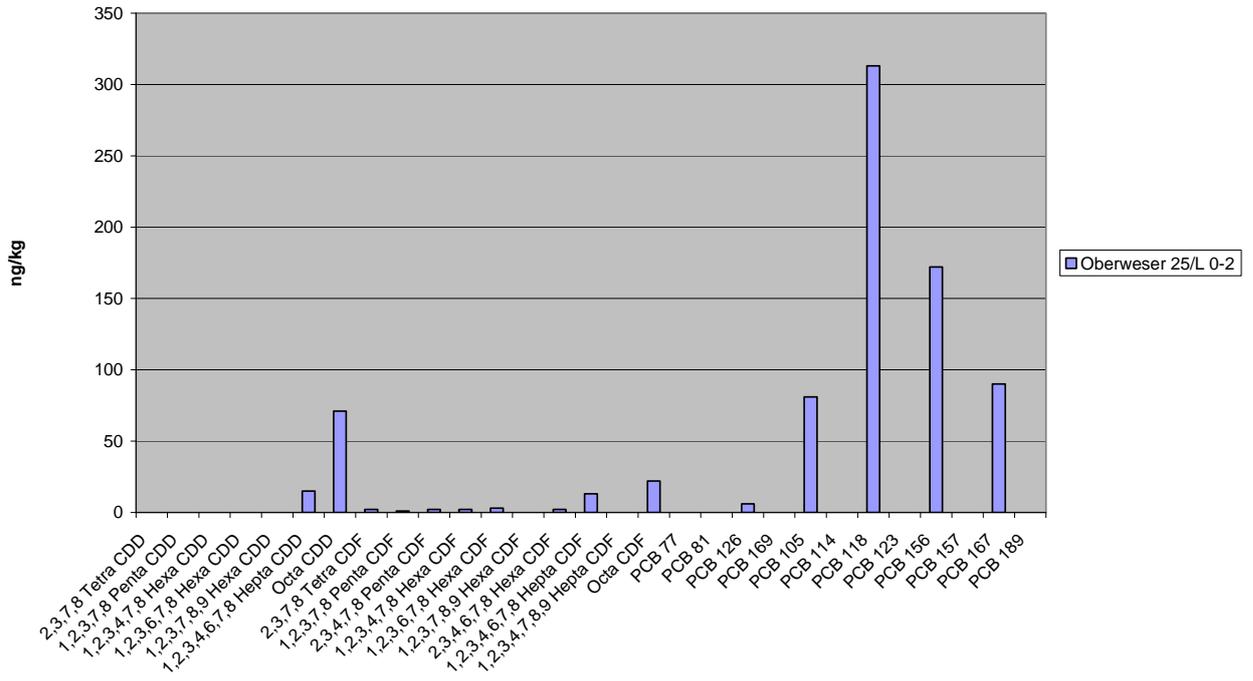
Boden LBEG



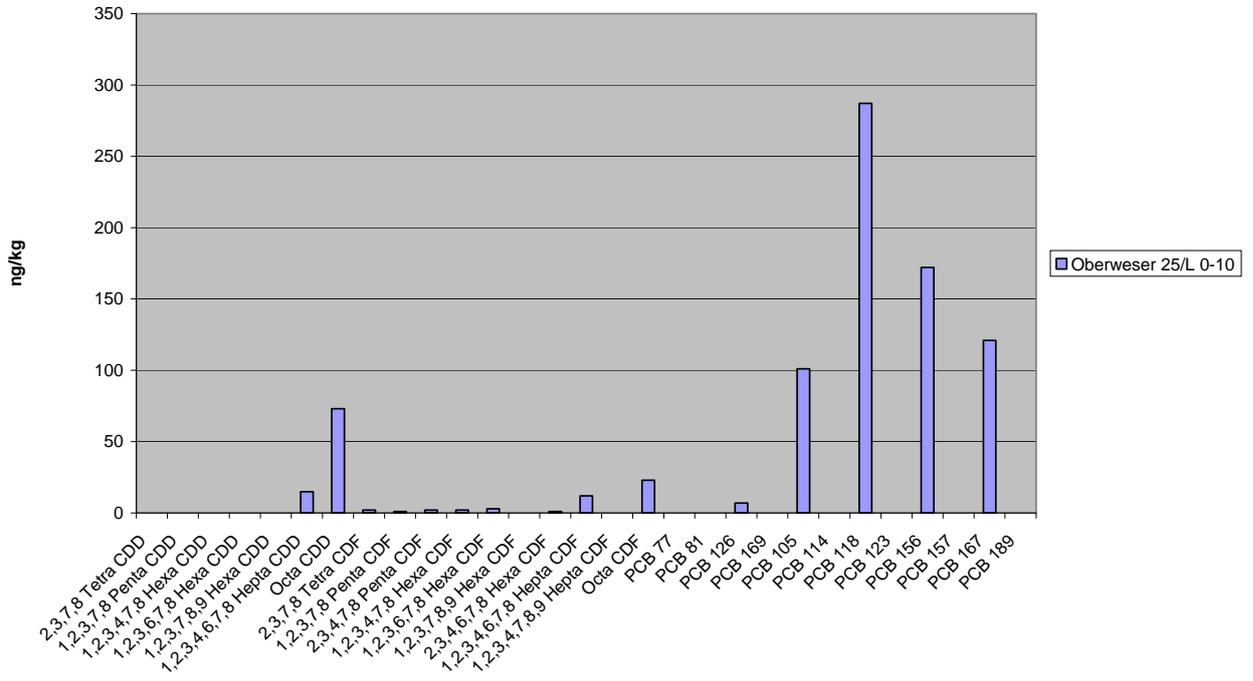
Boden LBEG



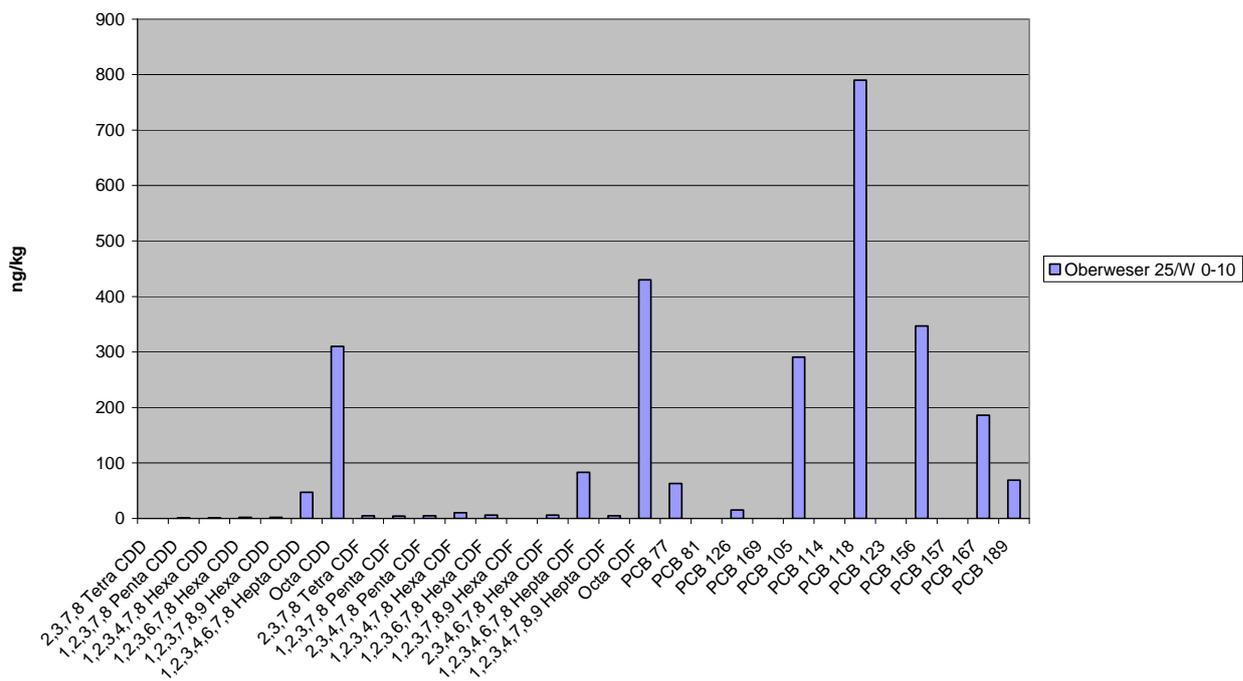
Boden LBEG



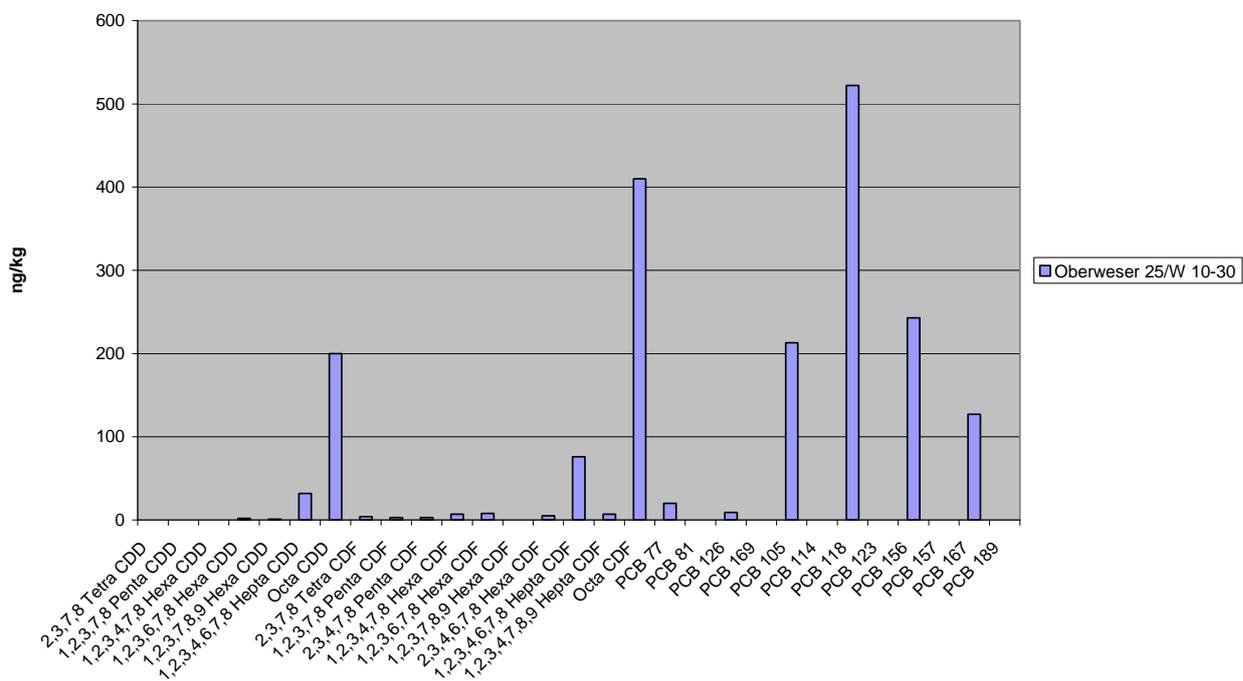
Boden LBEG



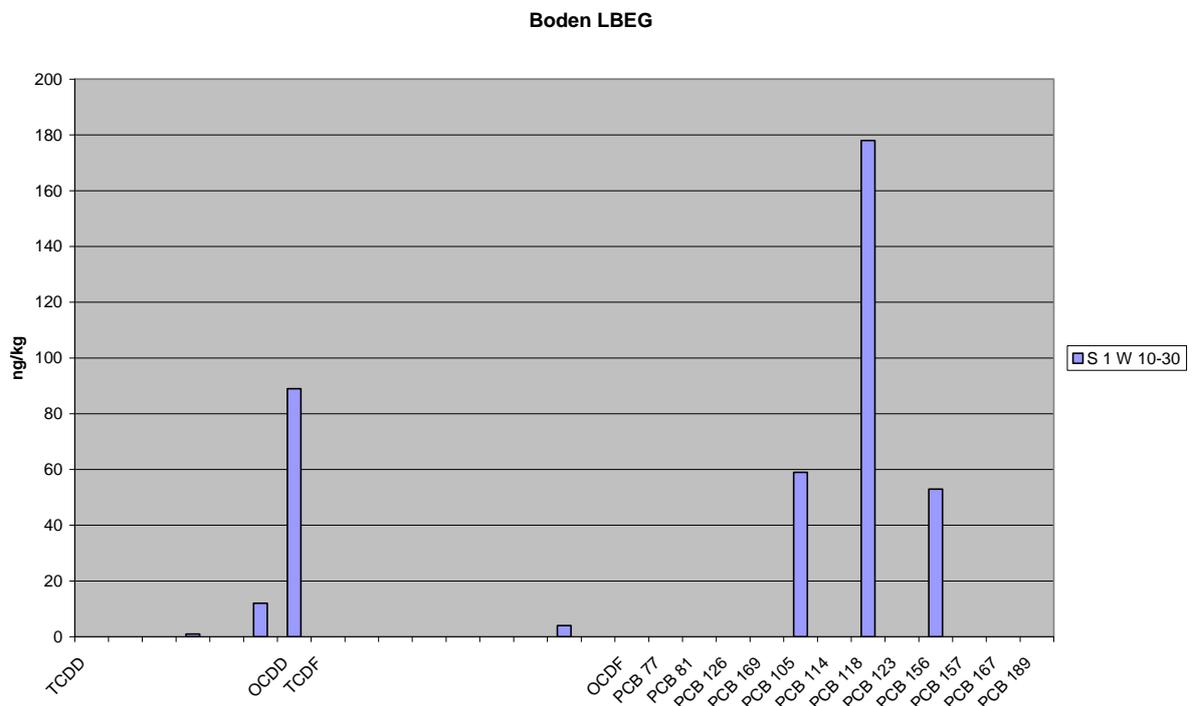
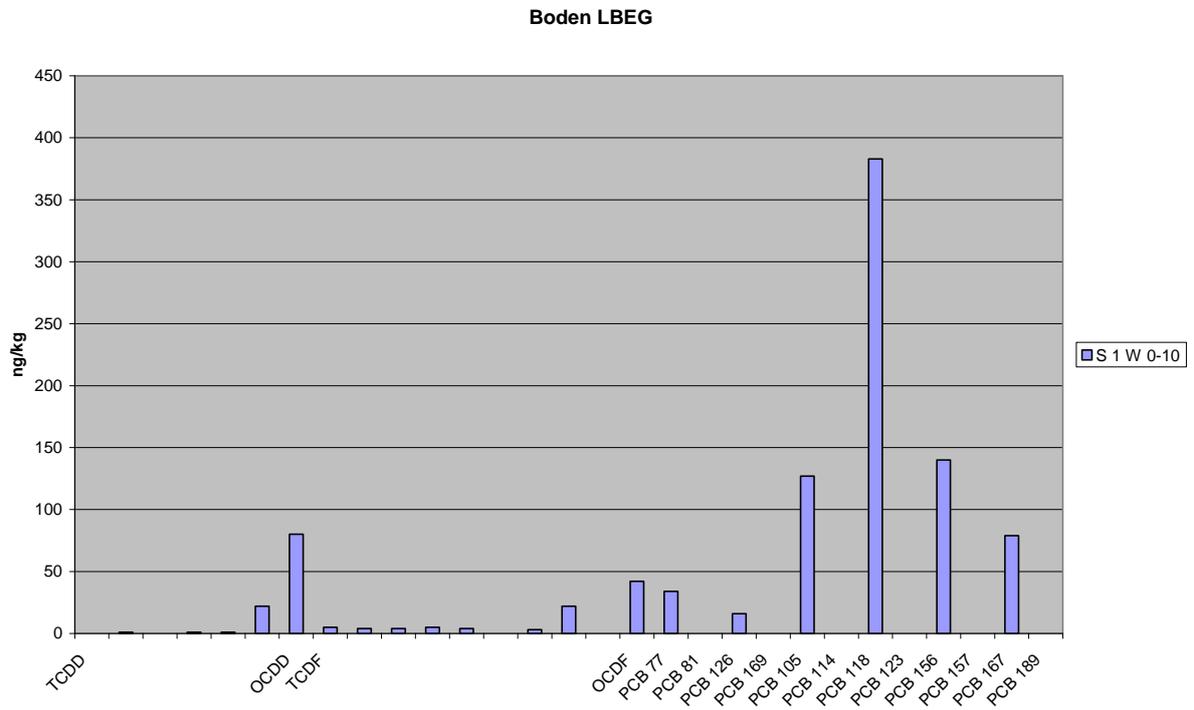
Boden LBEG



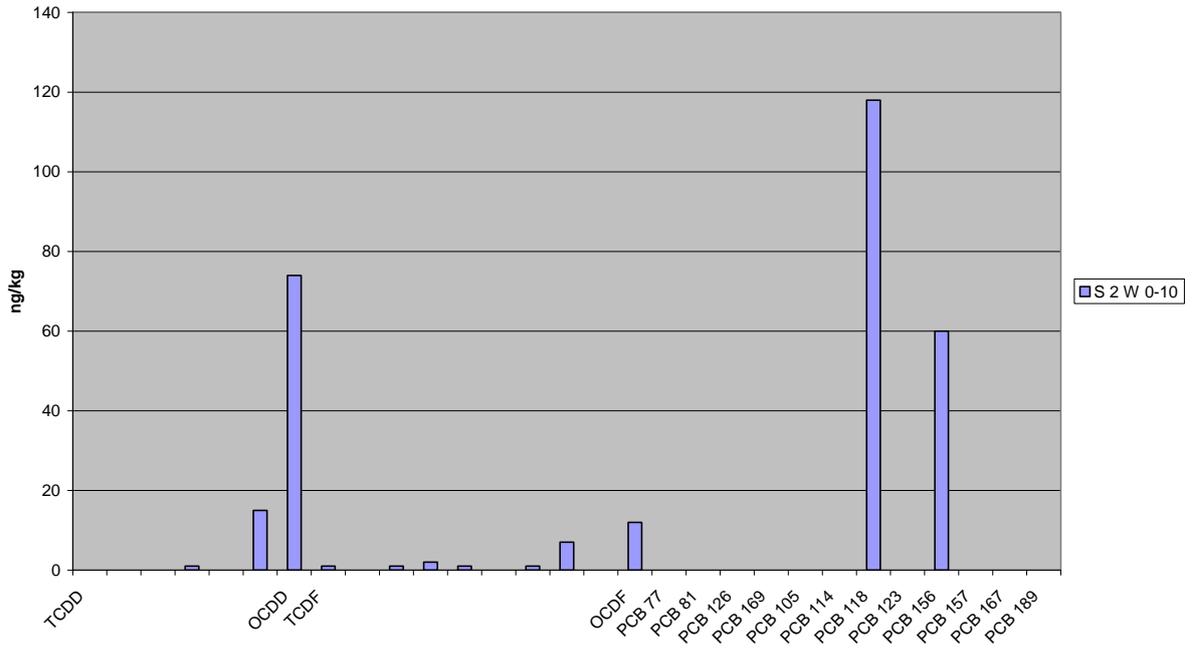
Boden LBEG



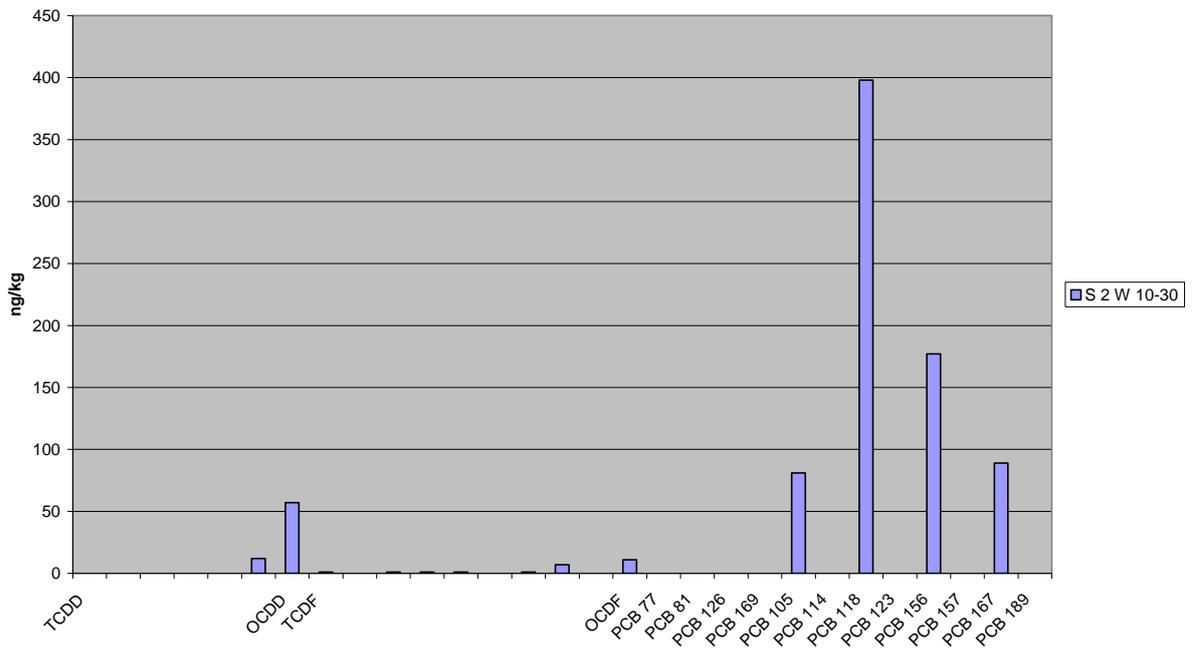
Gesamtschau der an der Söse ermittelten Kongenerenmuster



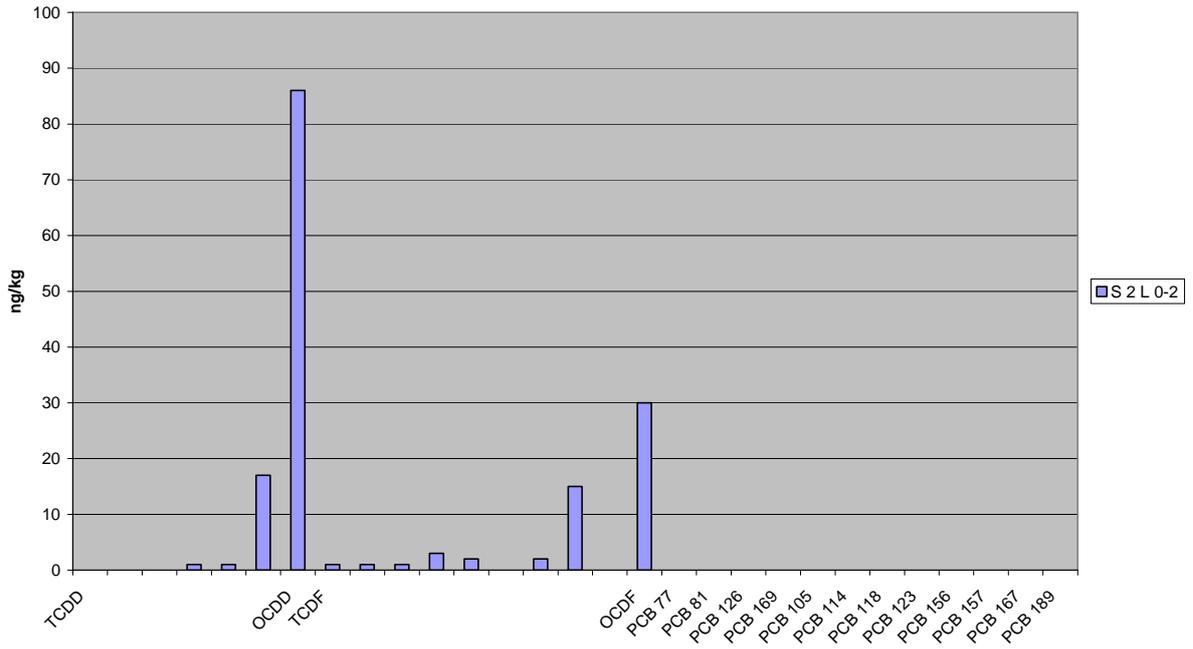
Boden LBEG



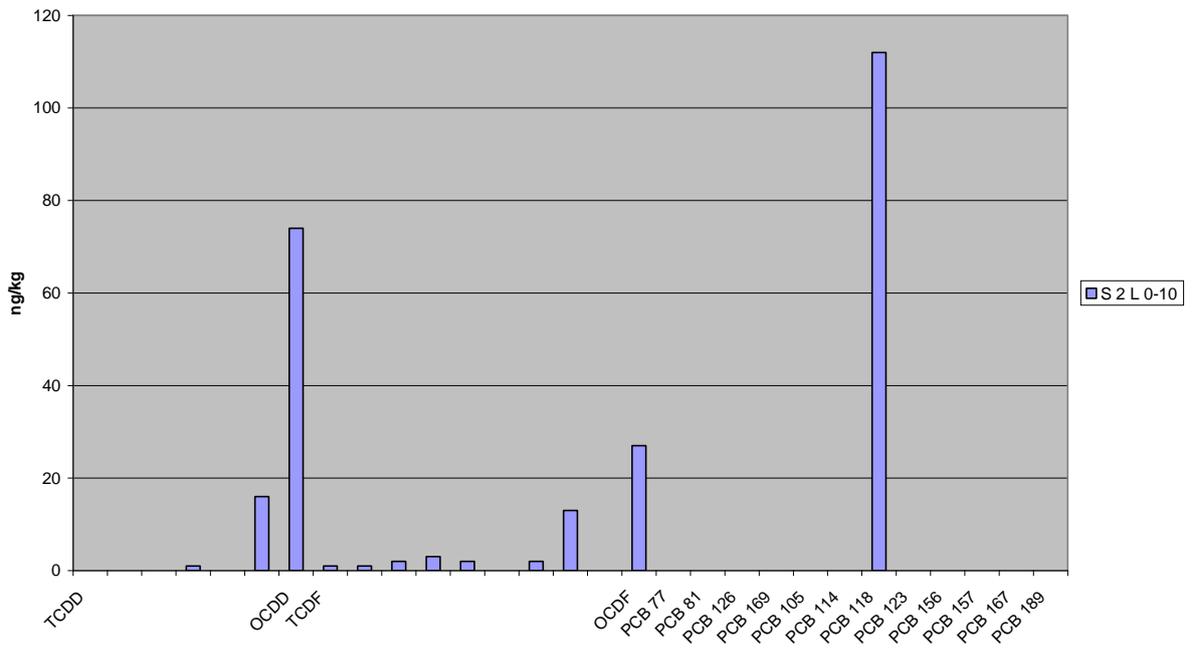
Boden LBEG



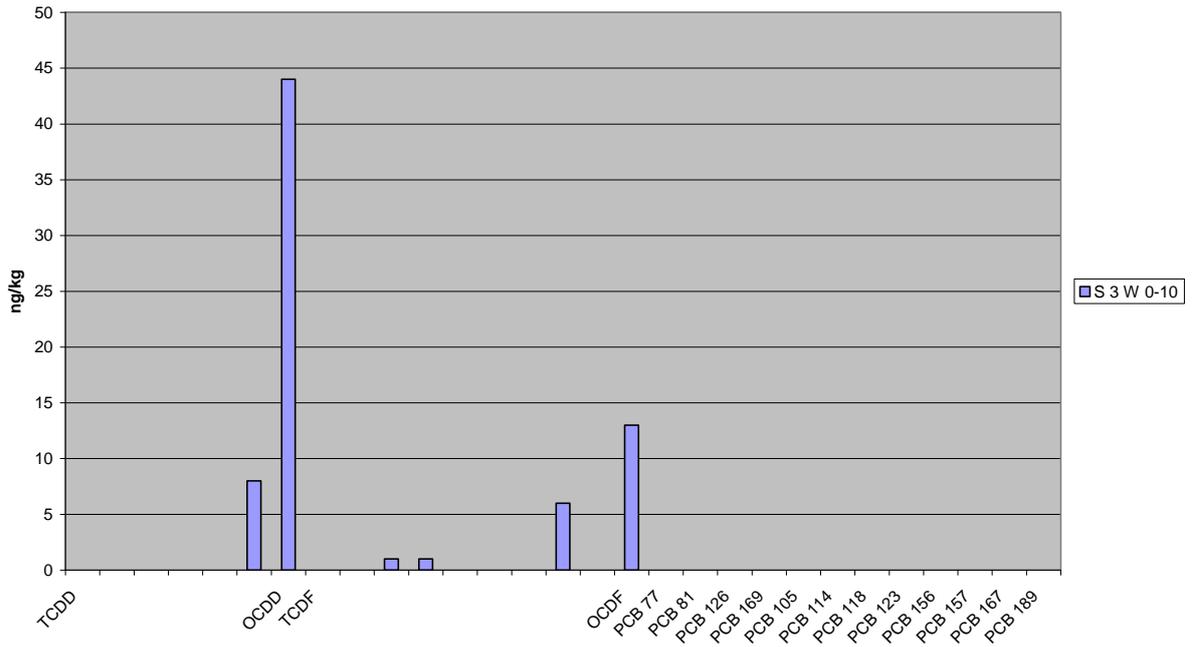
Boden LBEG



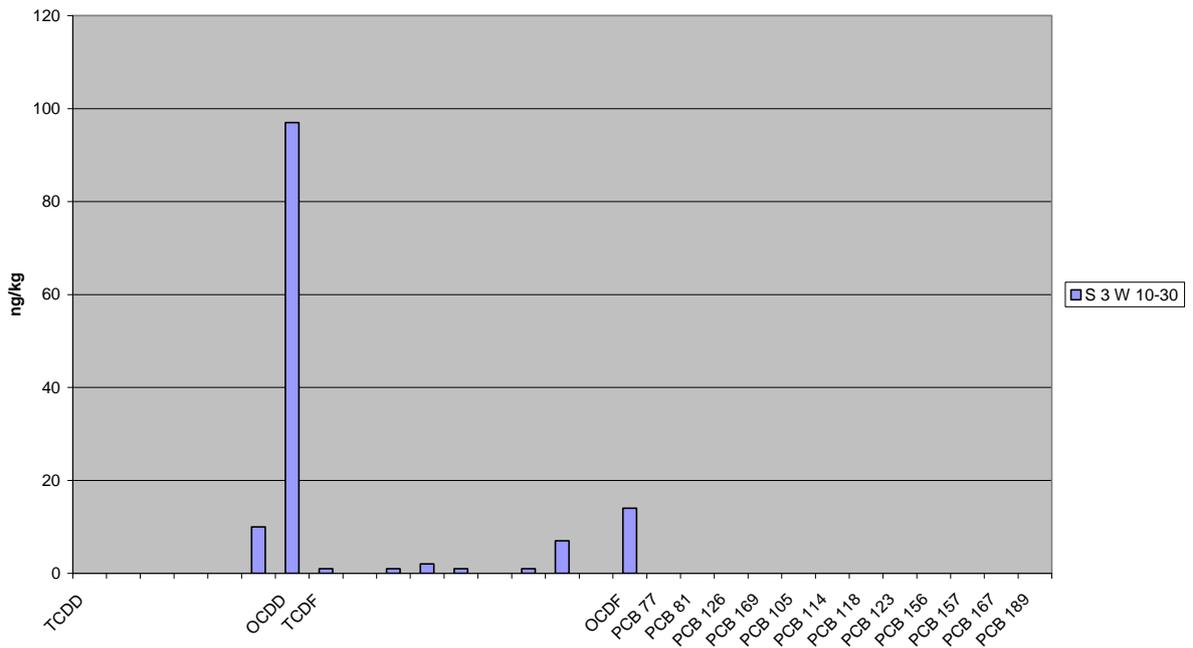
Boden LBEG



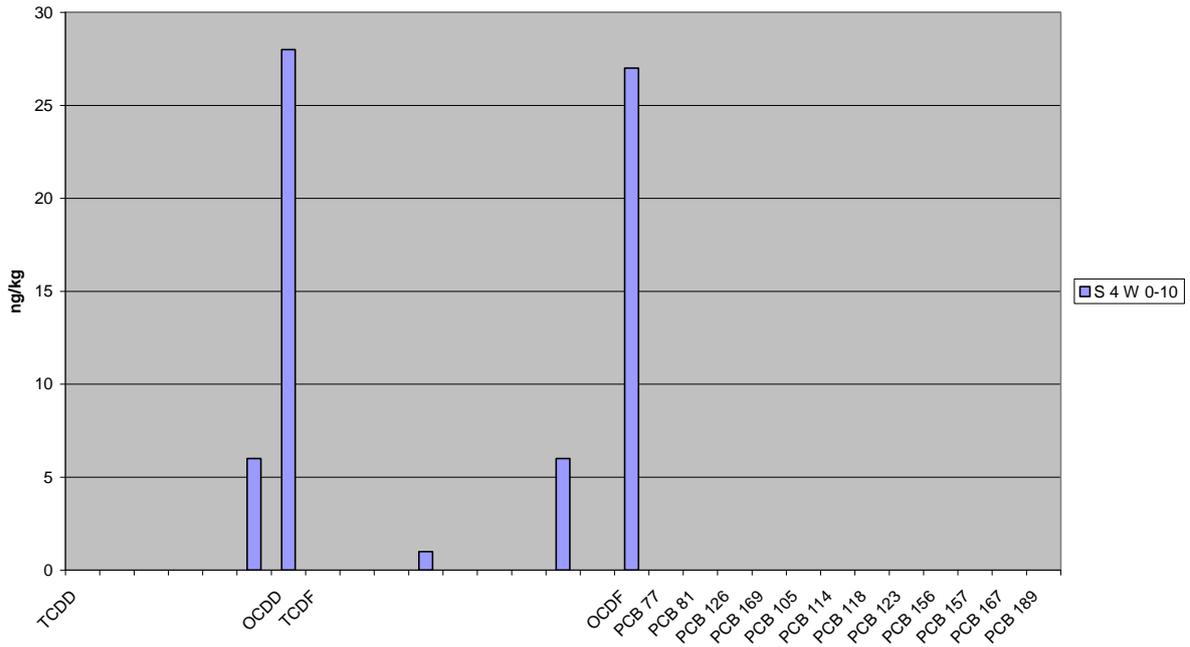
Boden LBEG



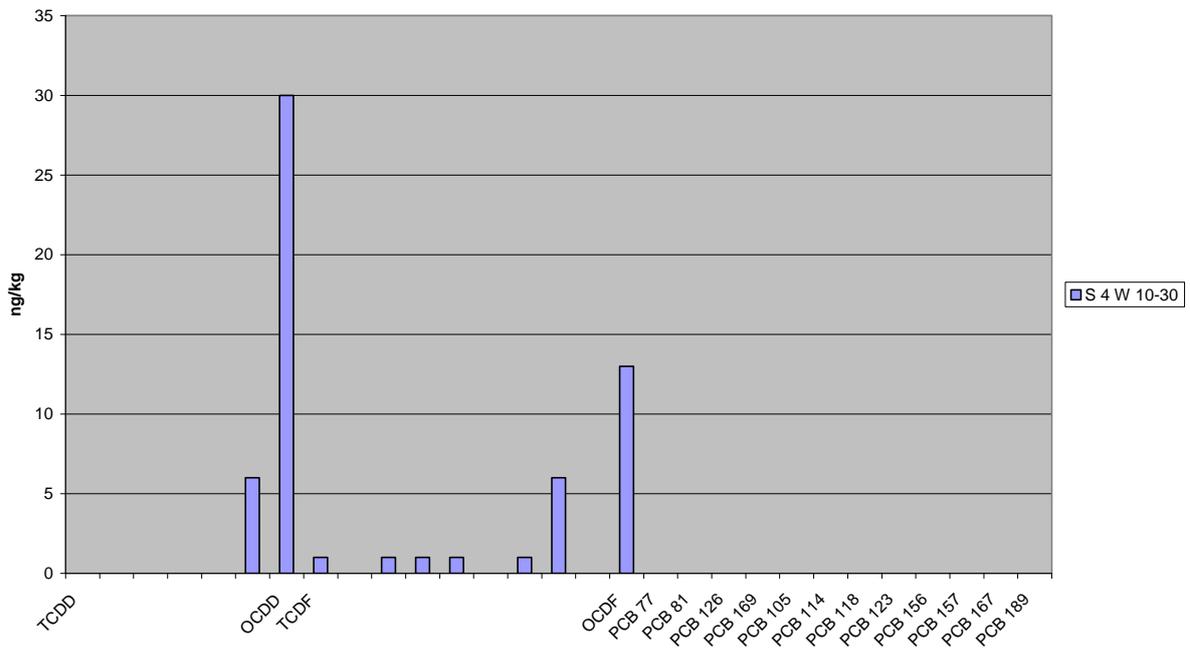
Boden LBEG



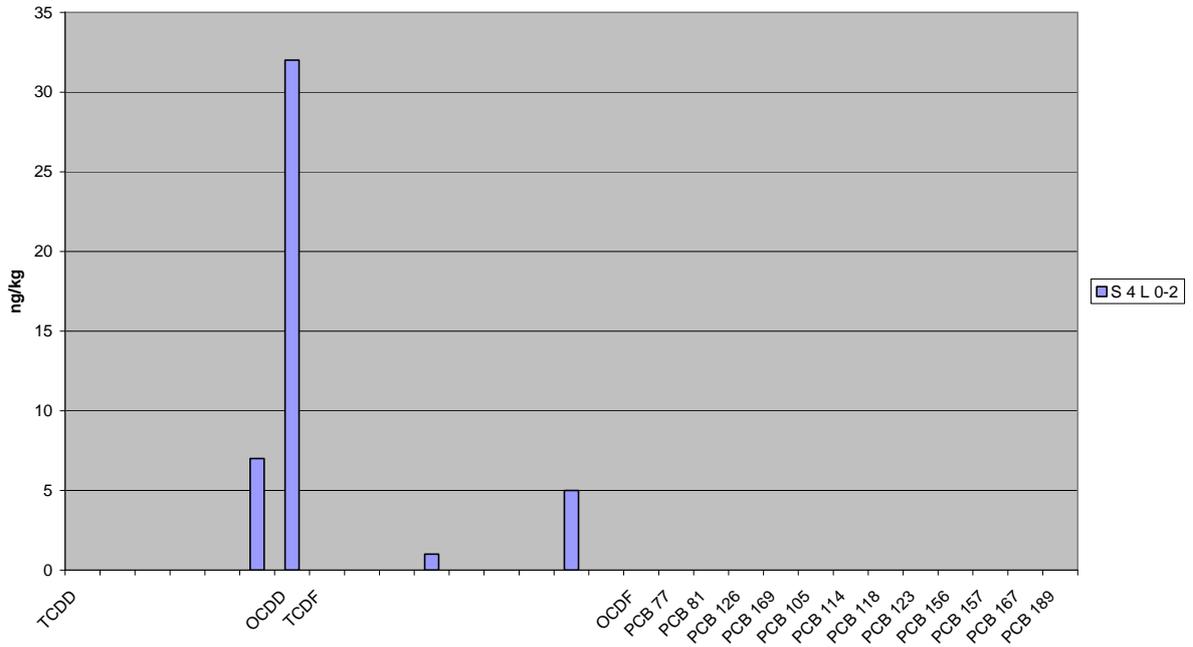
Boden LBEG



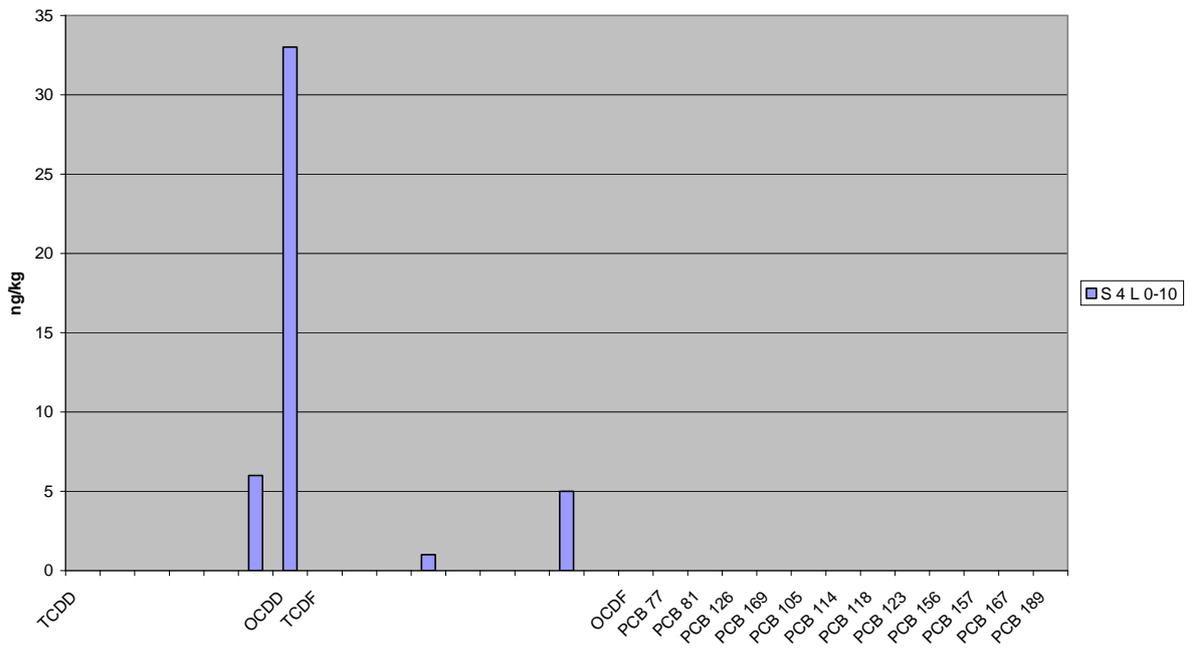
Boden LBEG



Boden LBEG

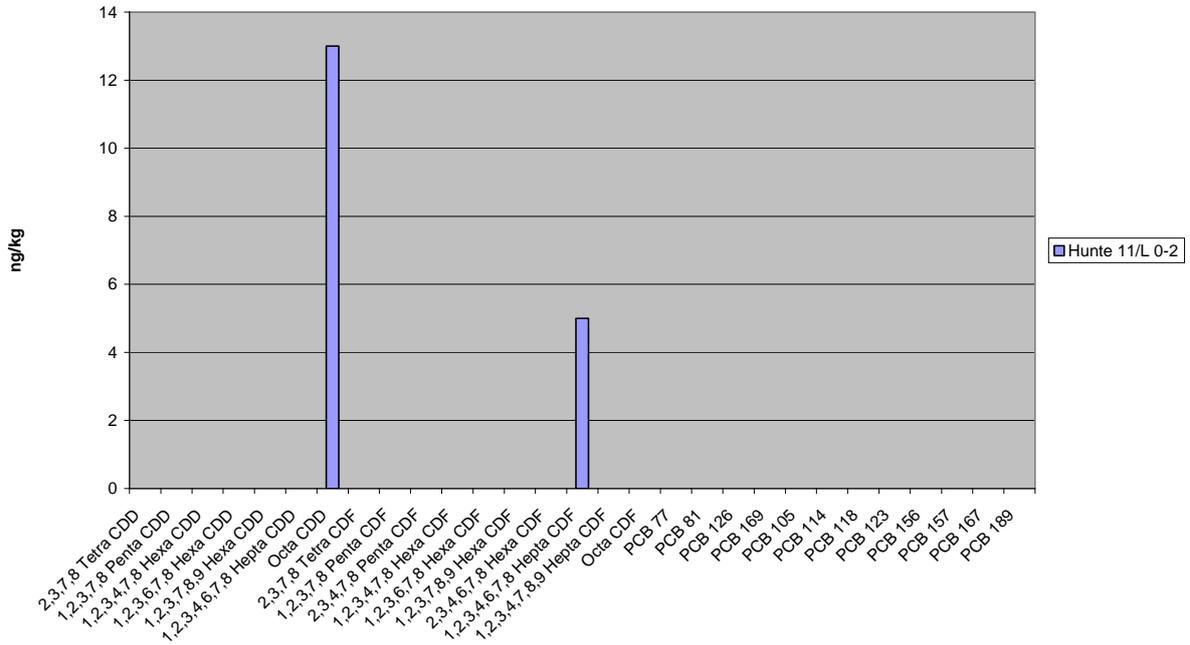


Boden LBEG

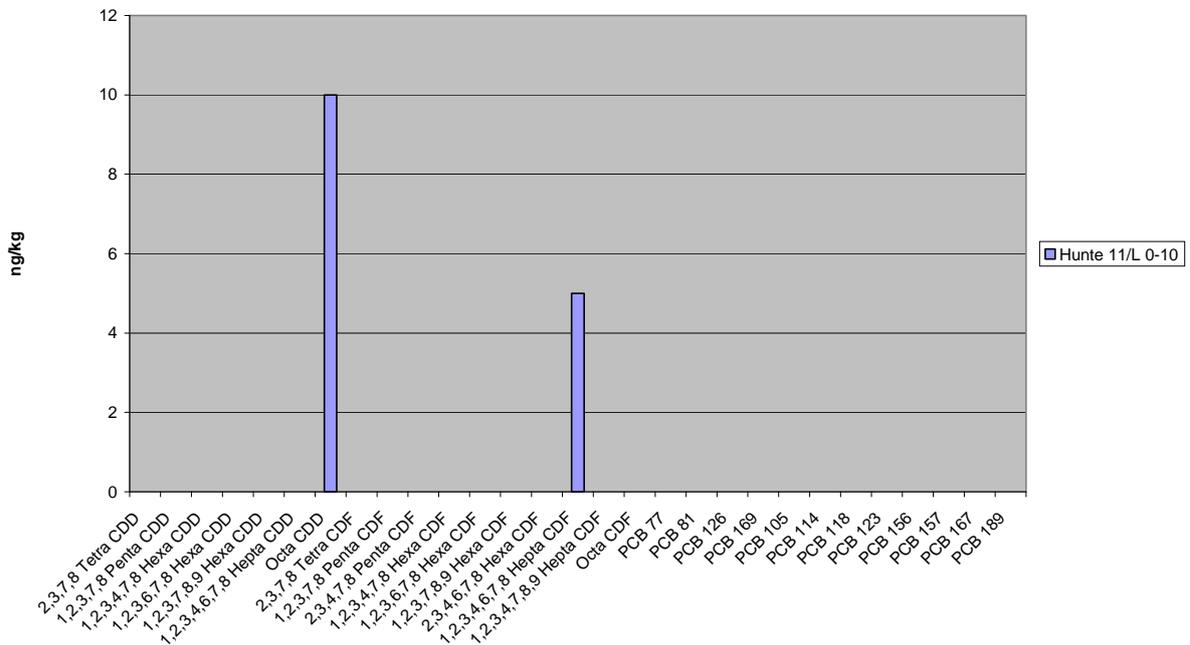


Gesamtschau der an der Hunte ermittelten Kongenerenmuster

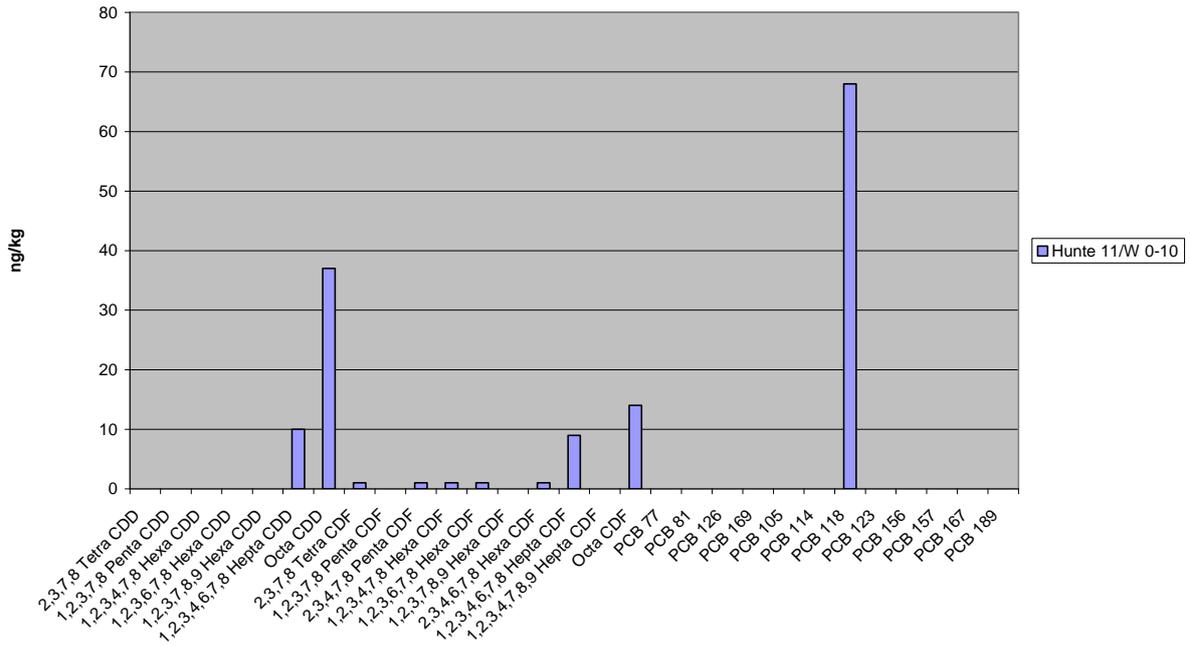
Boden LBEG



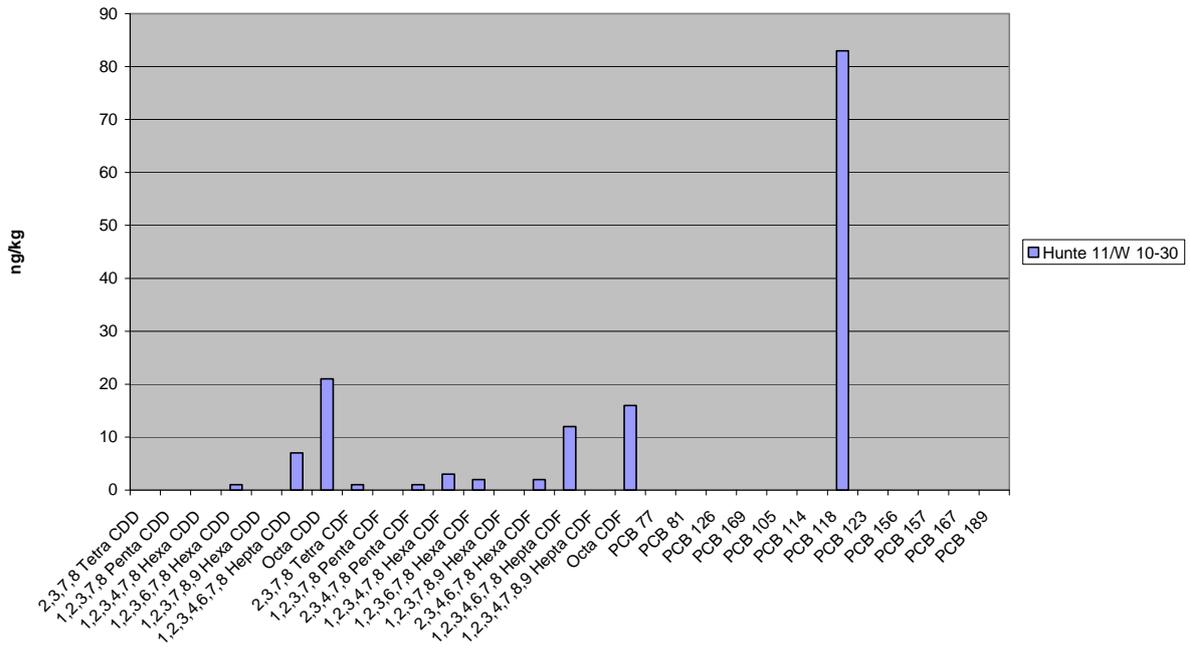
Boden LBEG



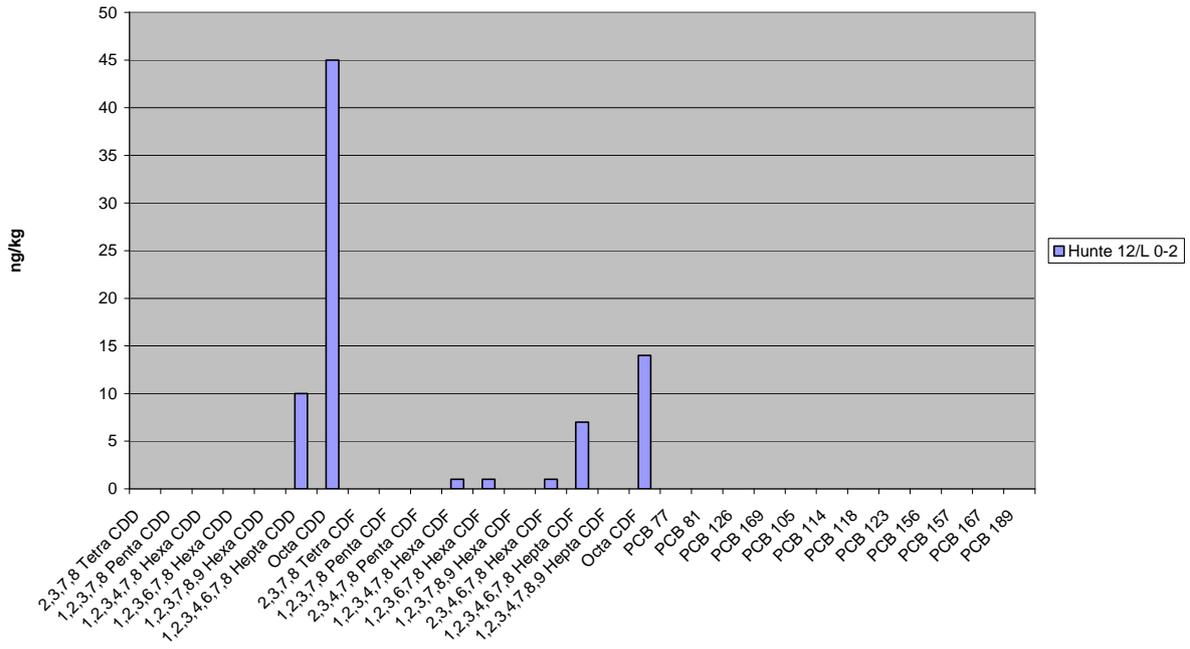
Boden LBEG



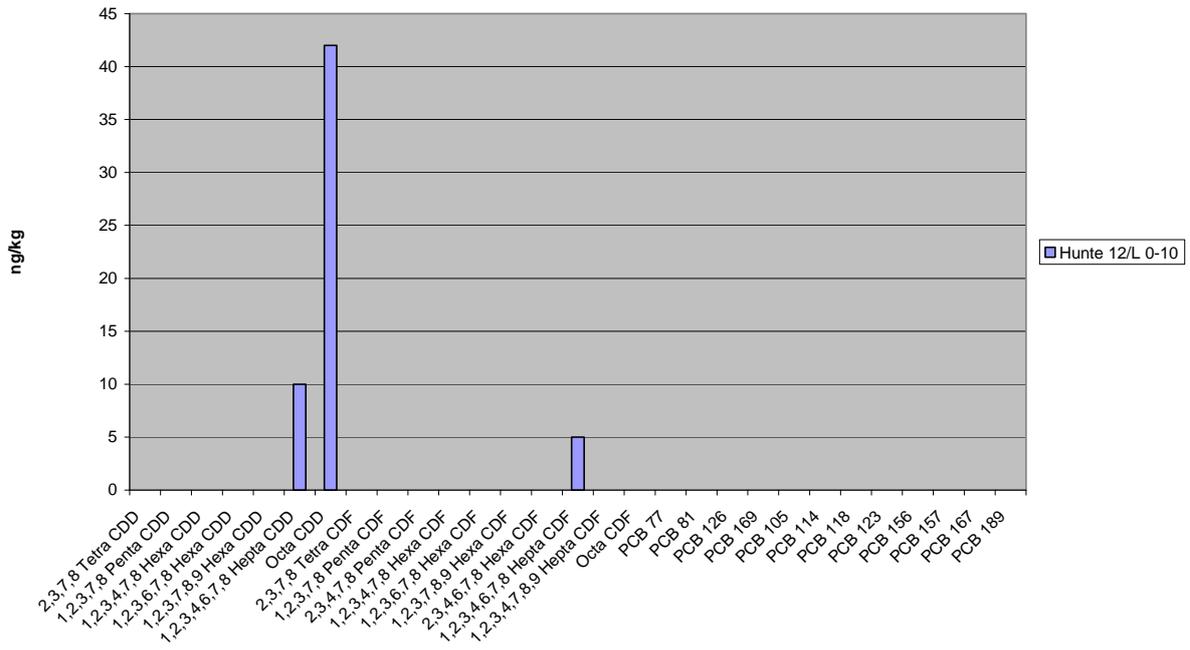
Boden LBEG



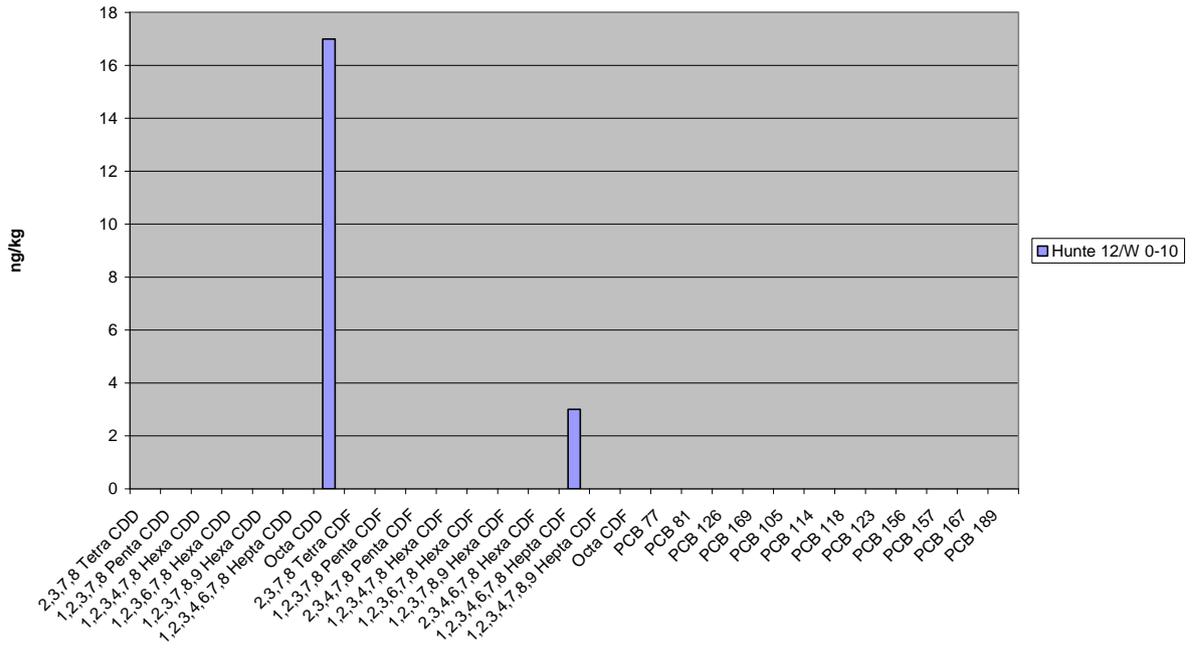
Boden LBEG



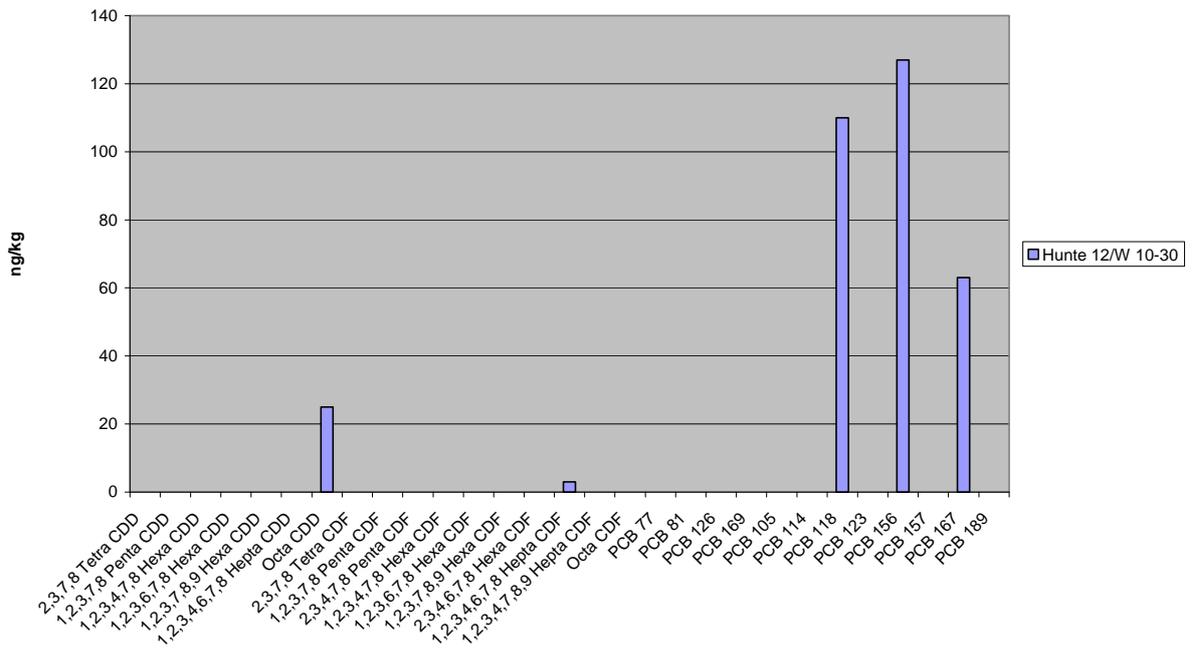
Boden LBEG



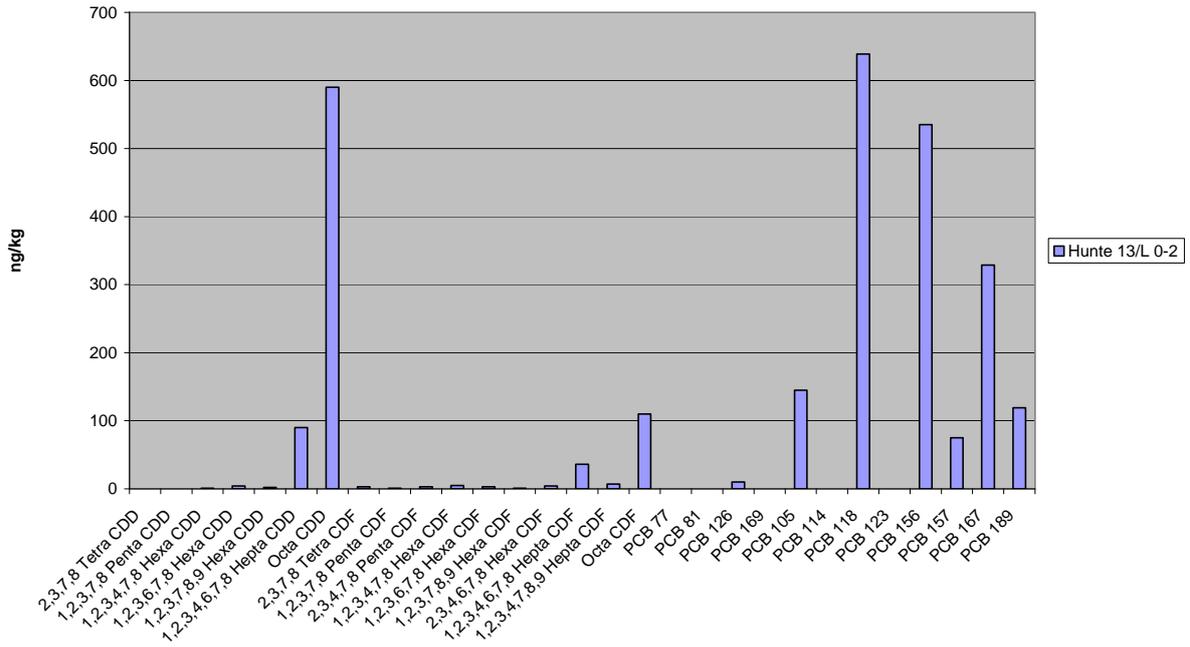
Boden LBEG



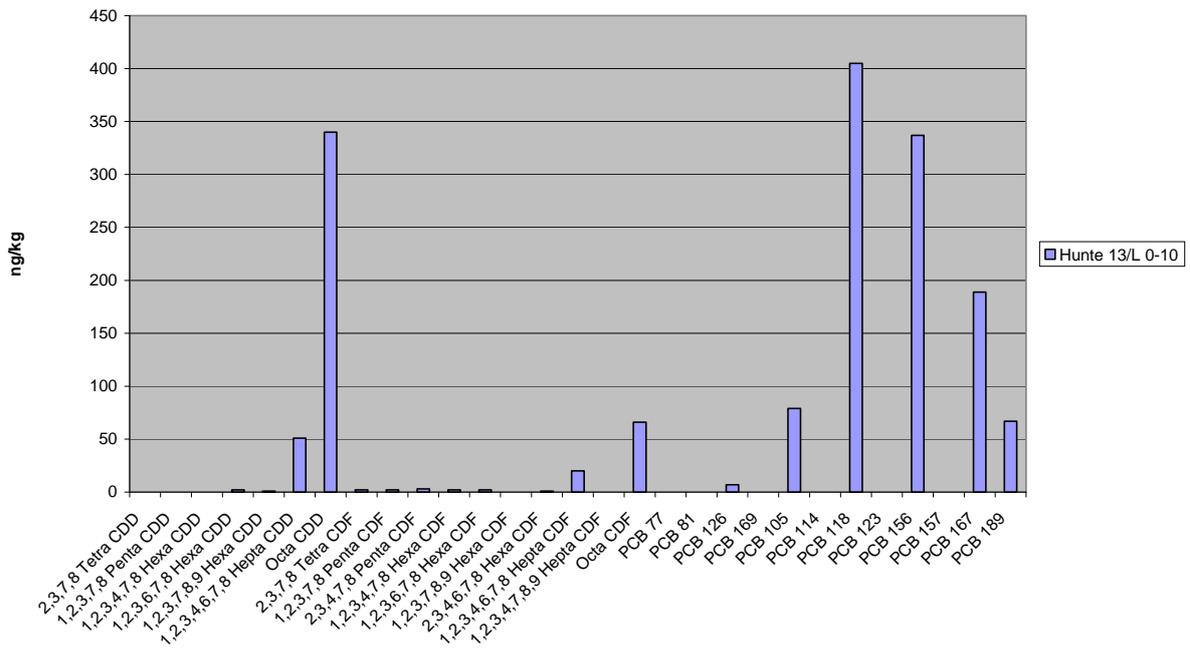
Boden LBEG



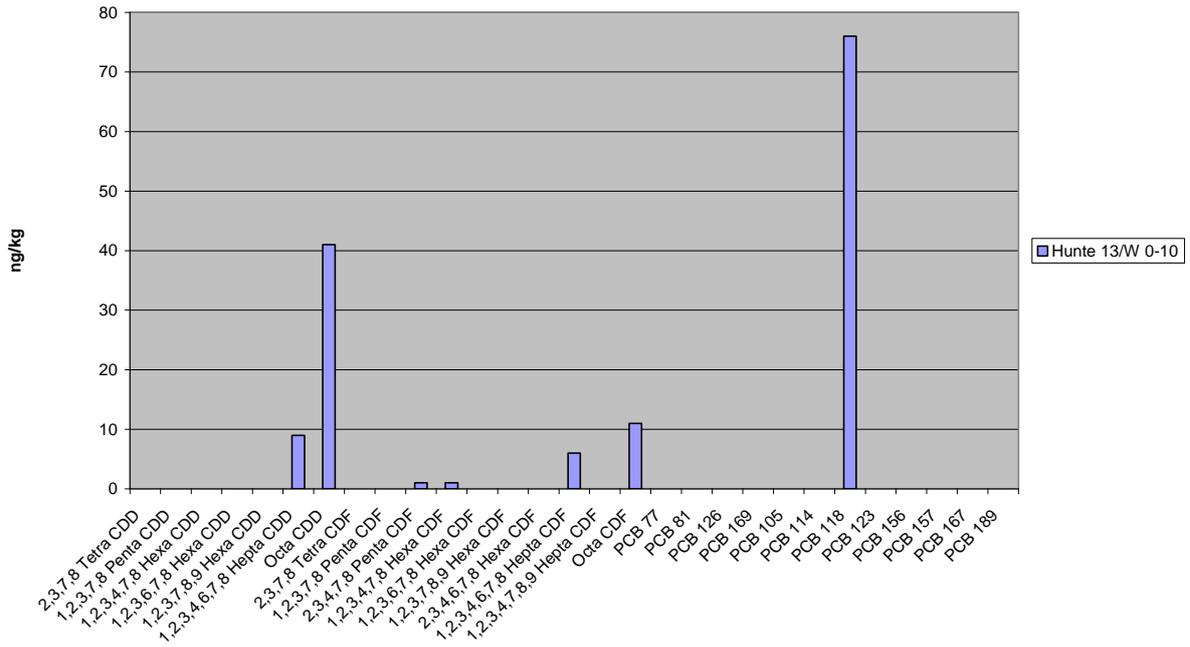
Boden LBEG



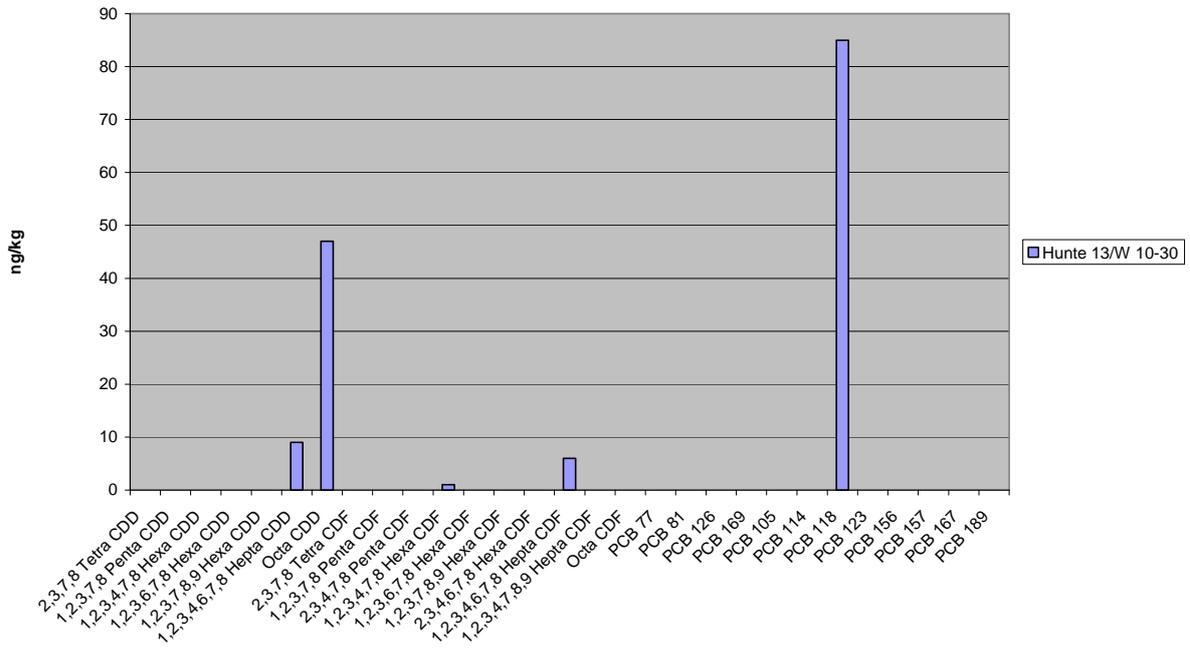
Boden LBEG



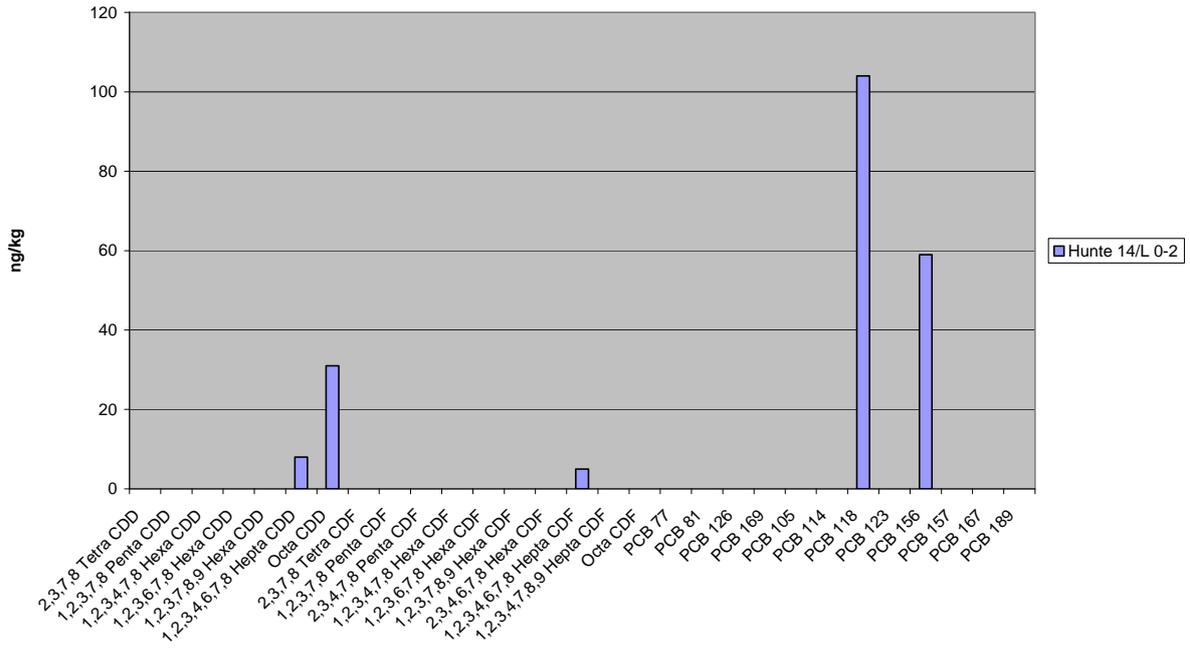
Boden LBEG



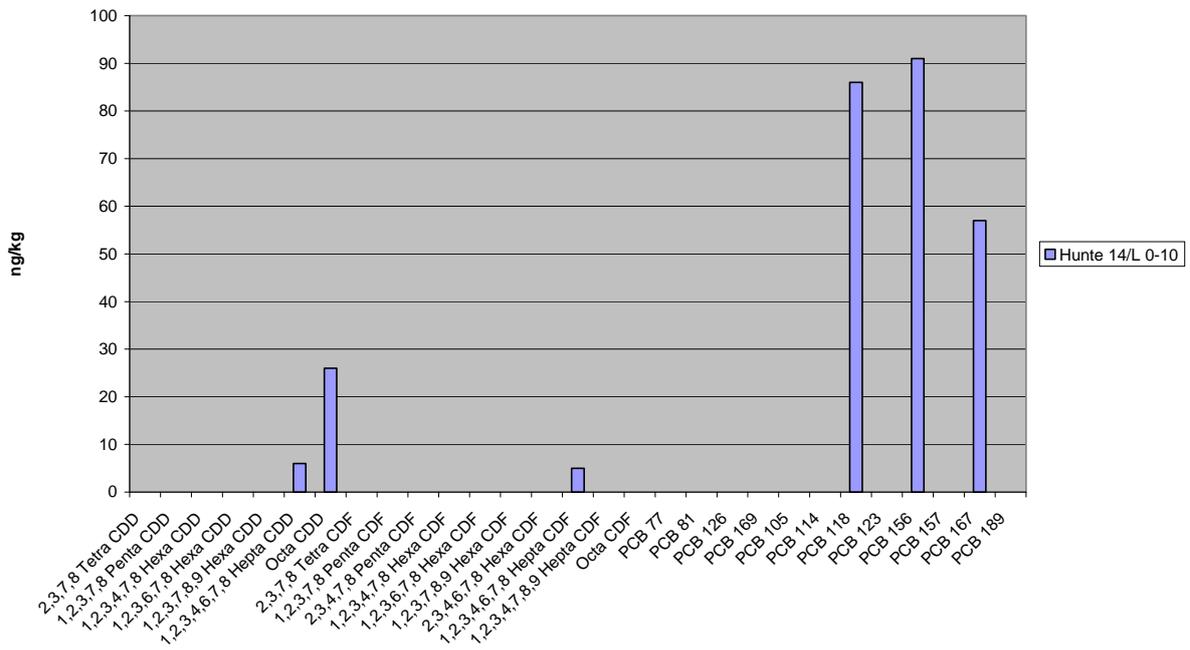
Boden LBEG



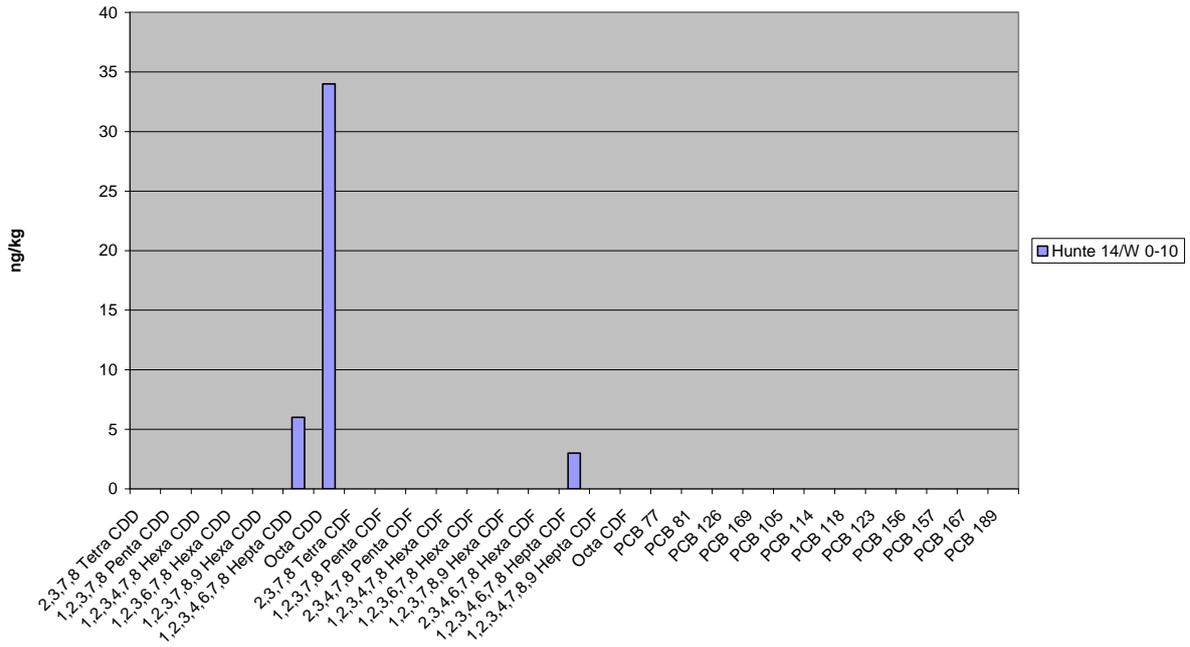
Boden LBEG



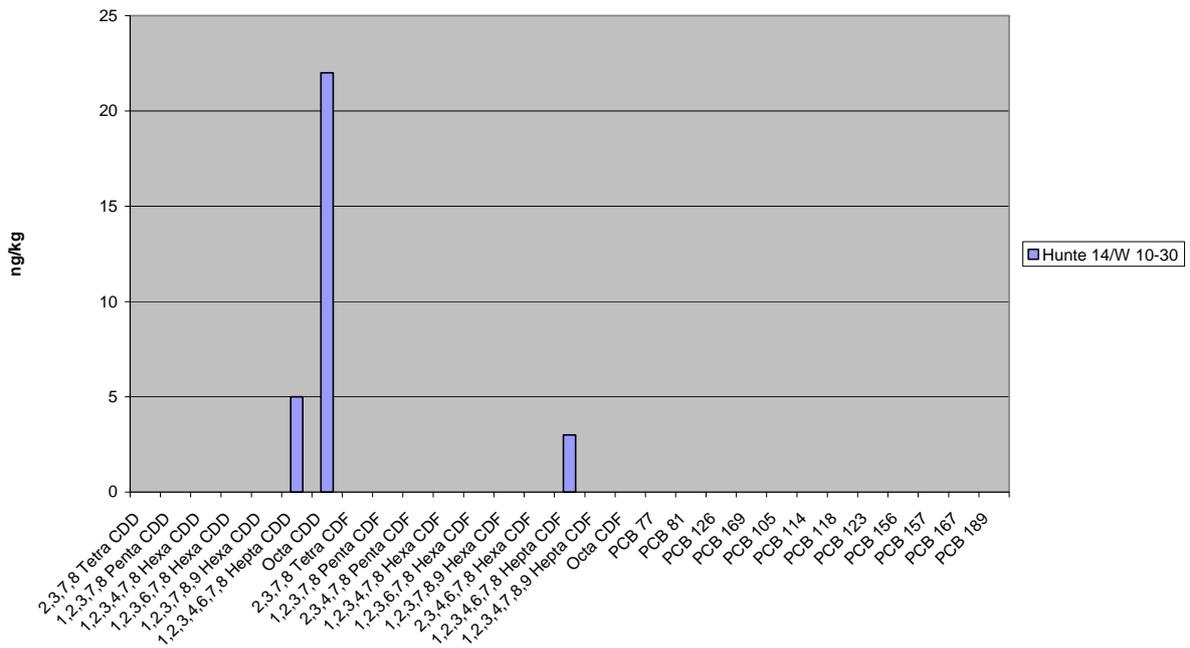
Boden LBEG



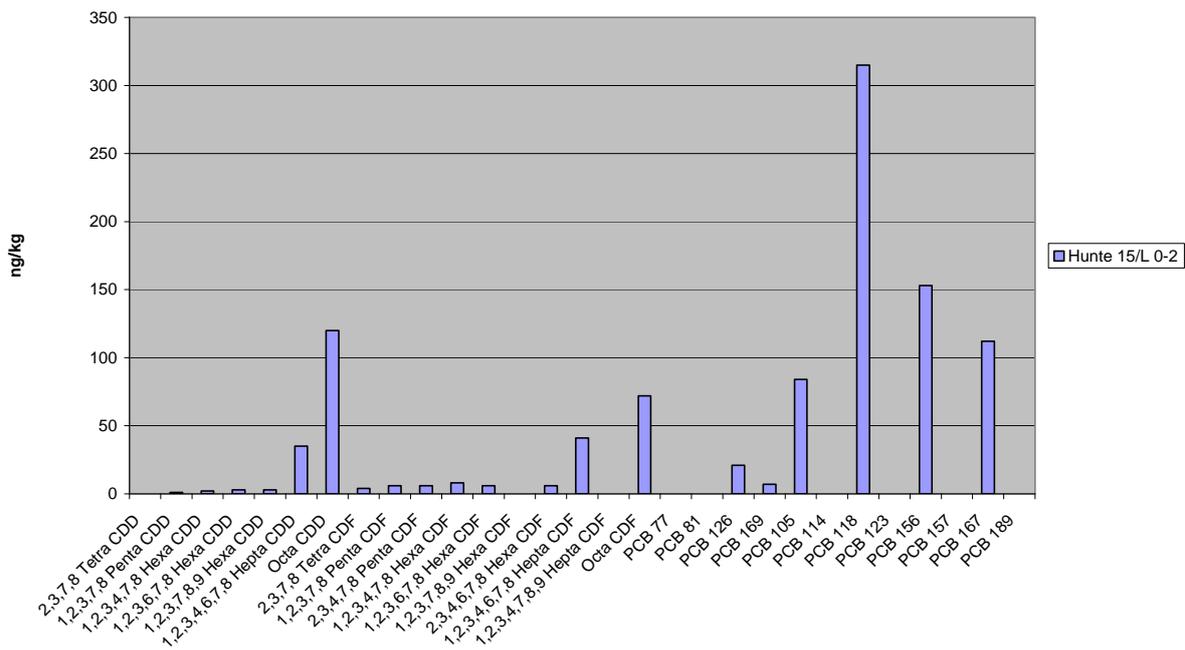
Boden LBEG



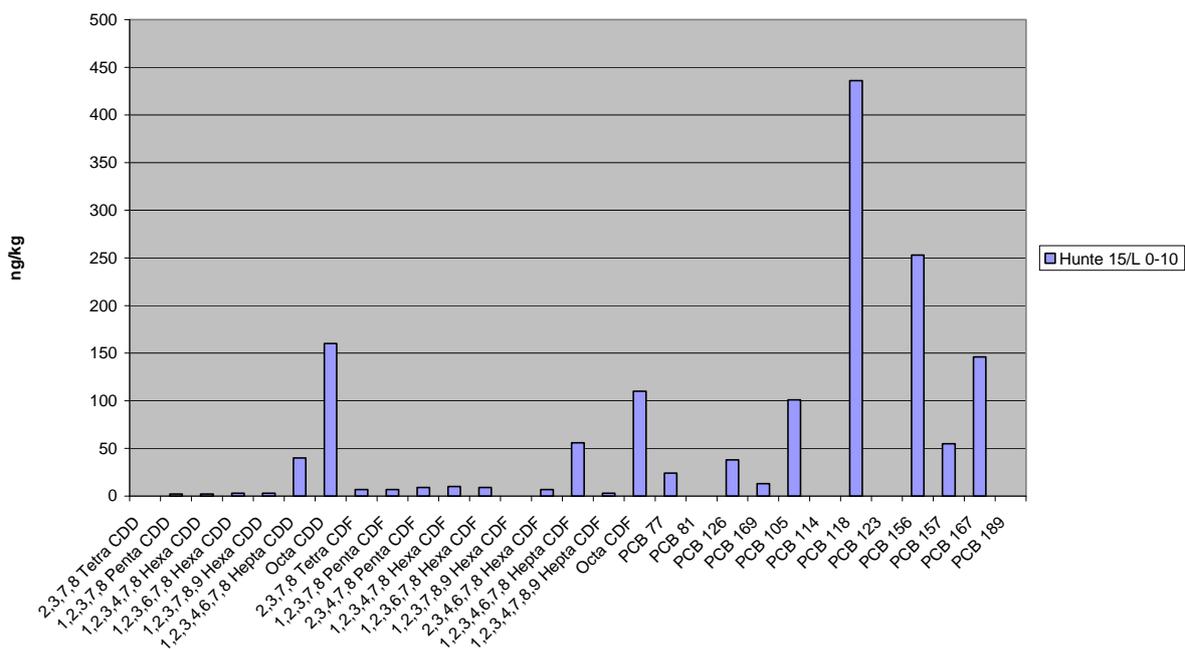
Boden LBEG



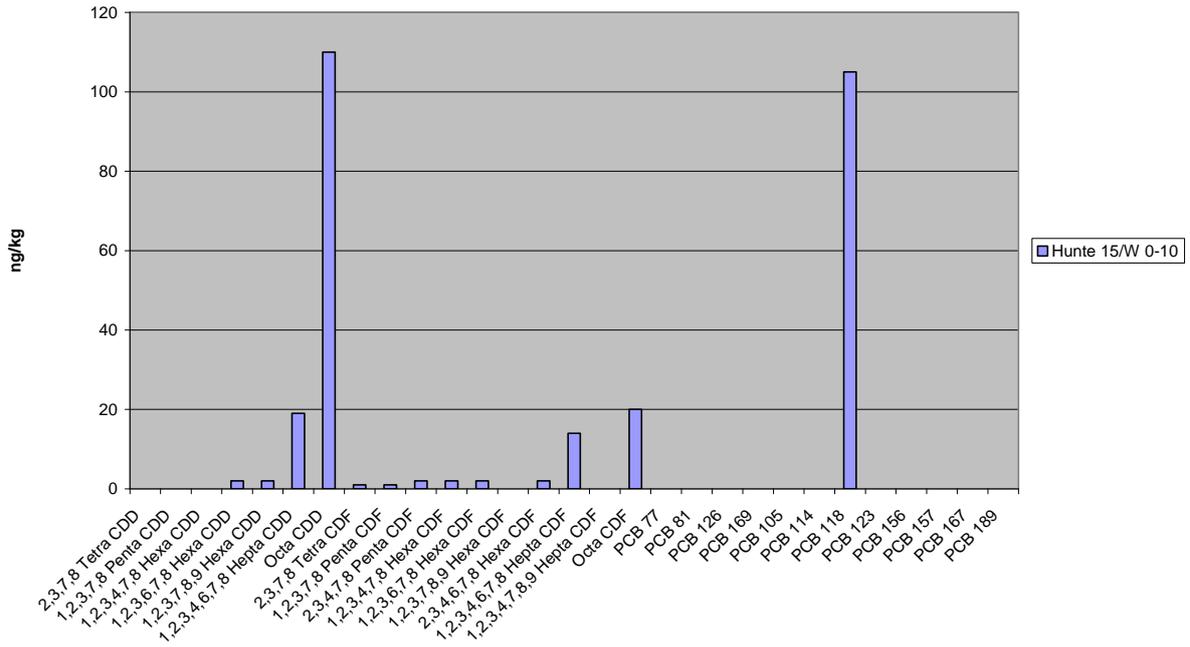
Boden LBEG



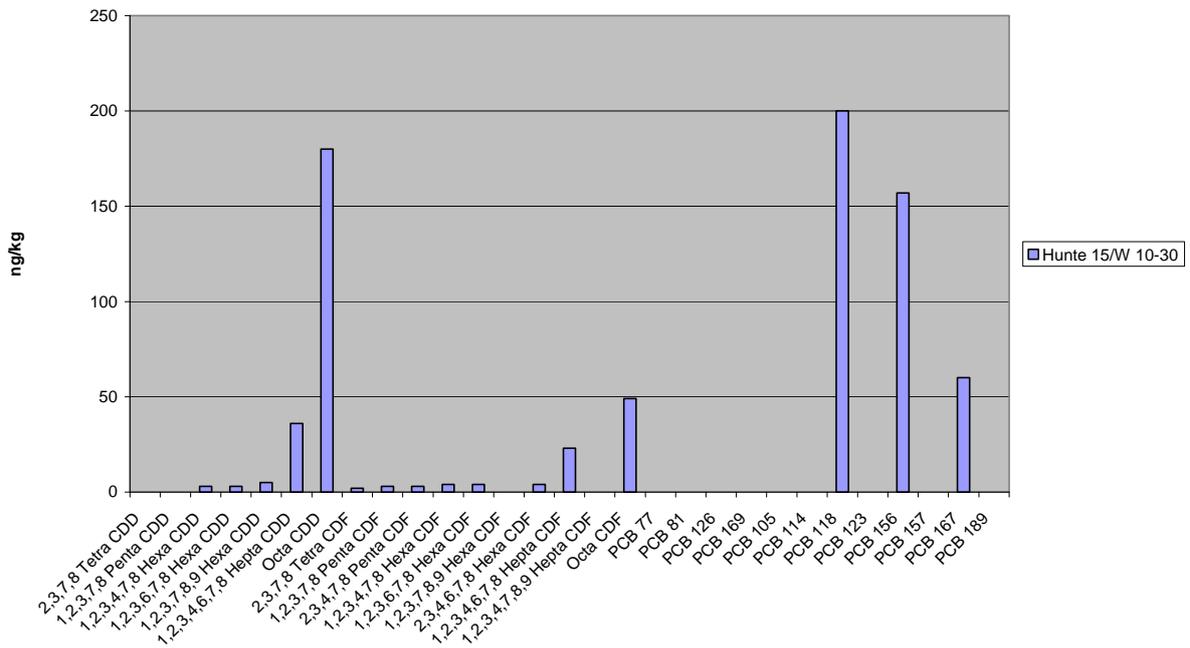
Boden LBEG



Boden LBEG

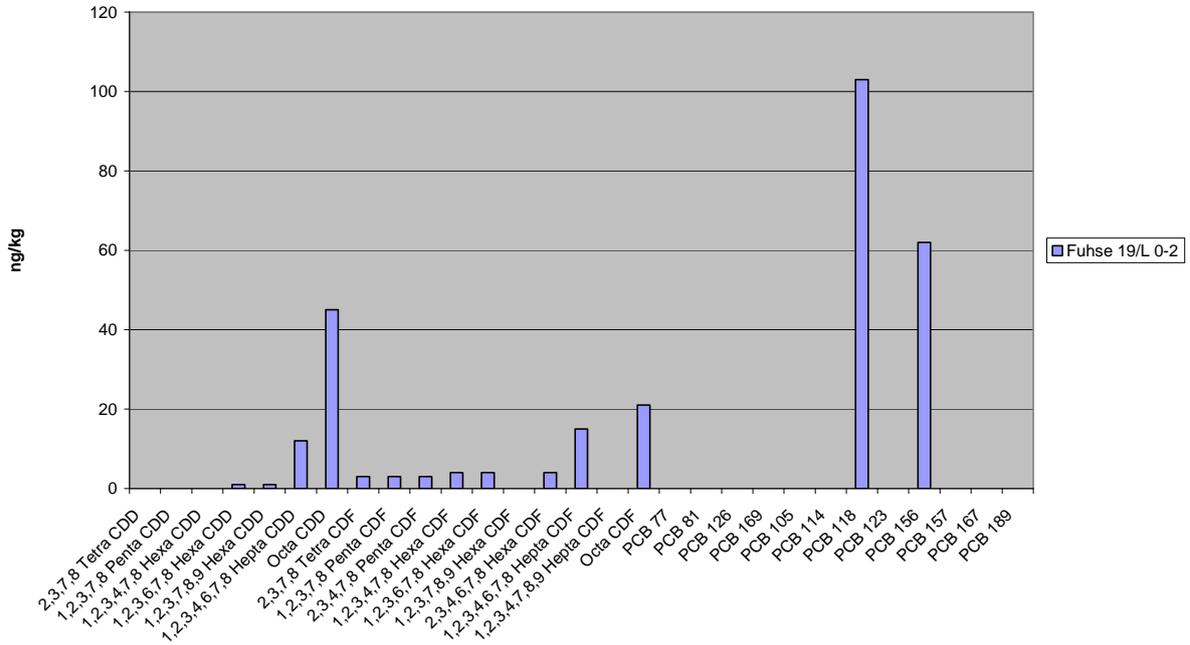


Boden LBEG

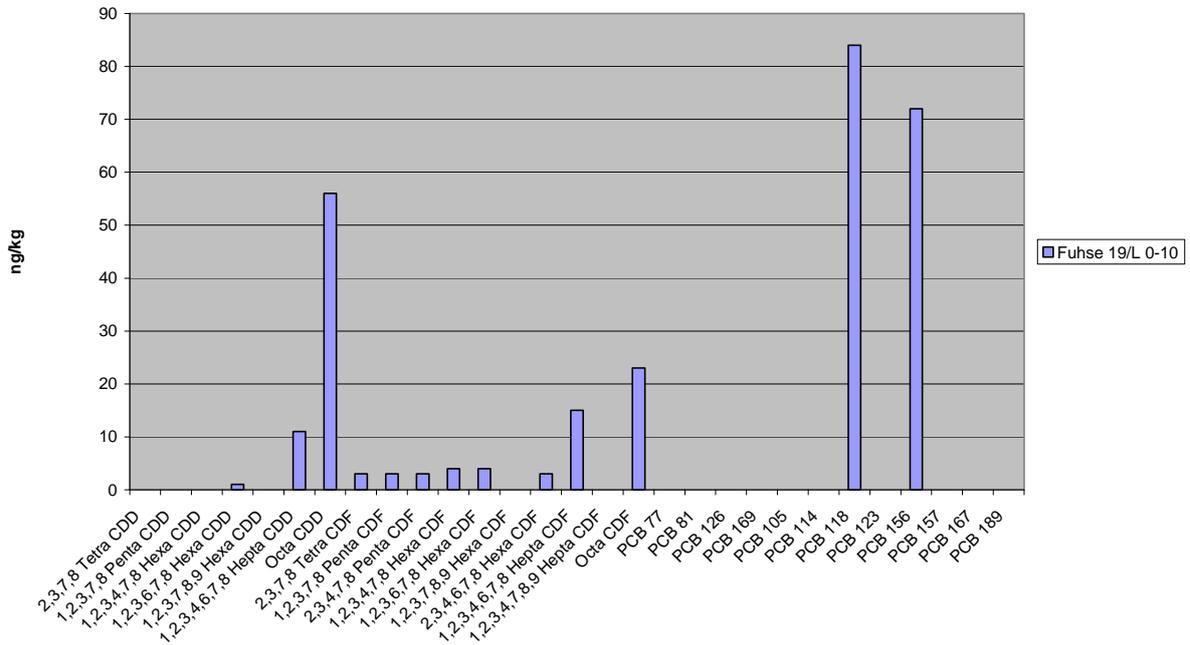


Gesamtschau der an der Fuhse ermittelten Kongenerenmuster

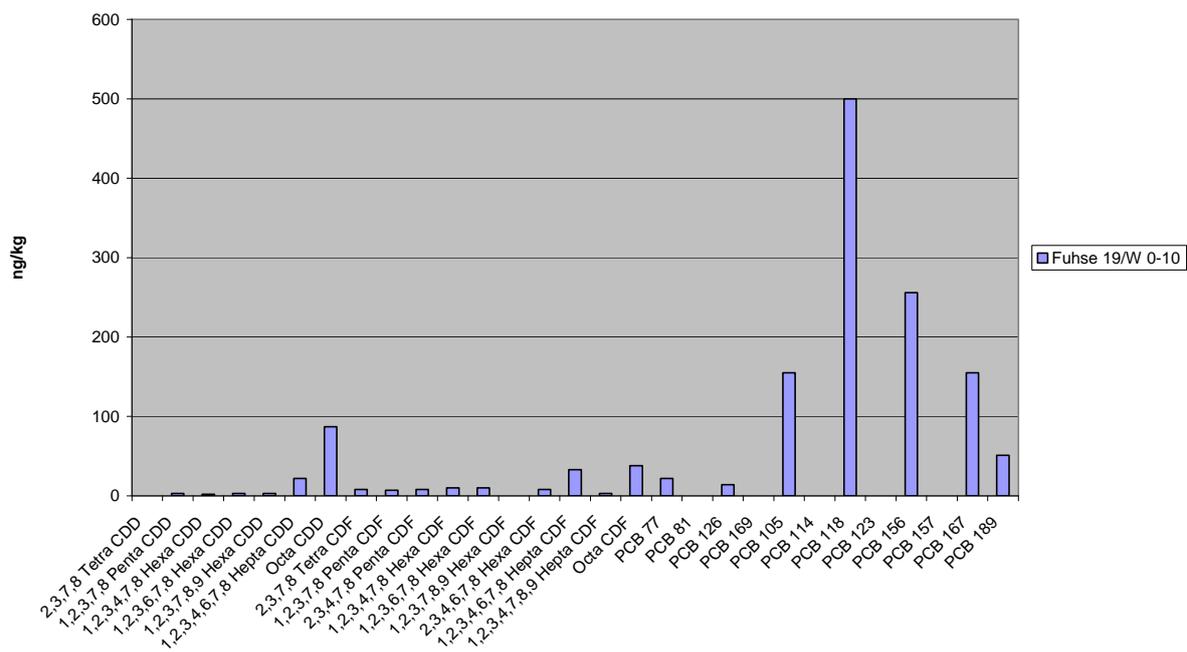
Boden LBEG



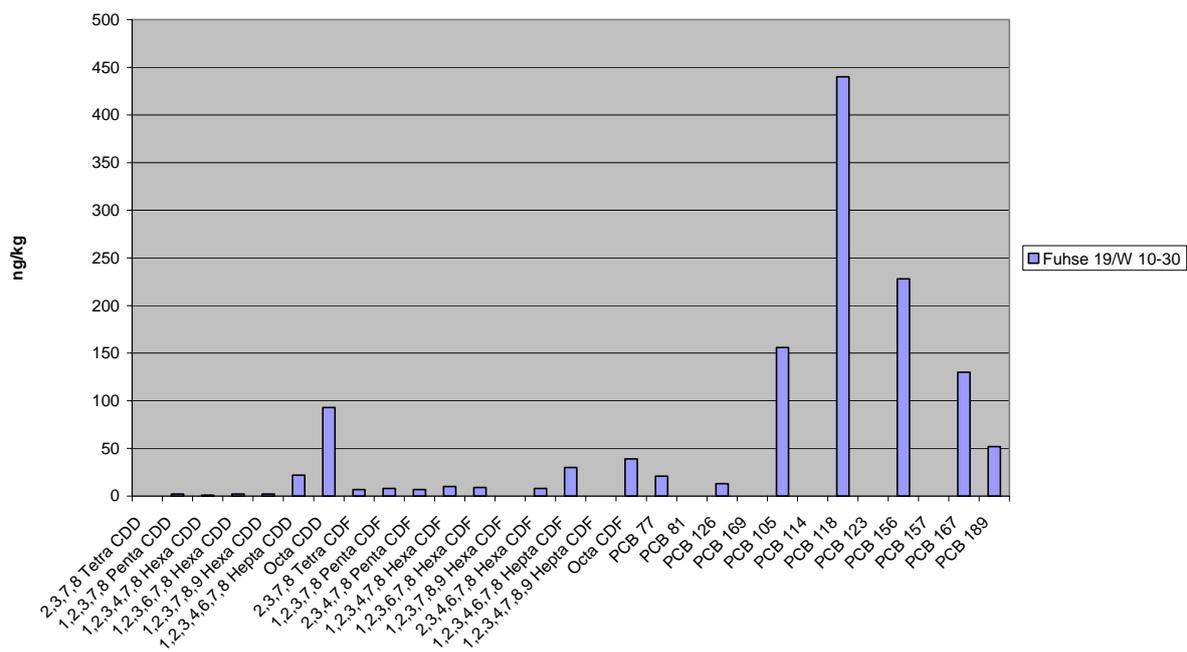
Boden LBEG



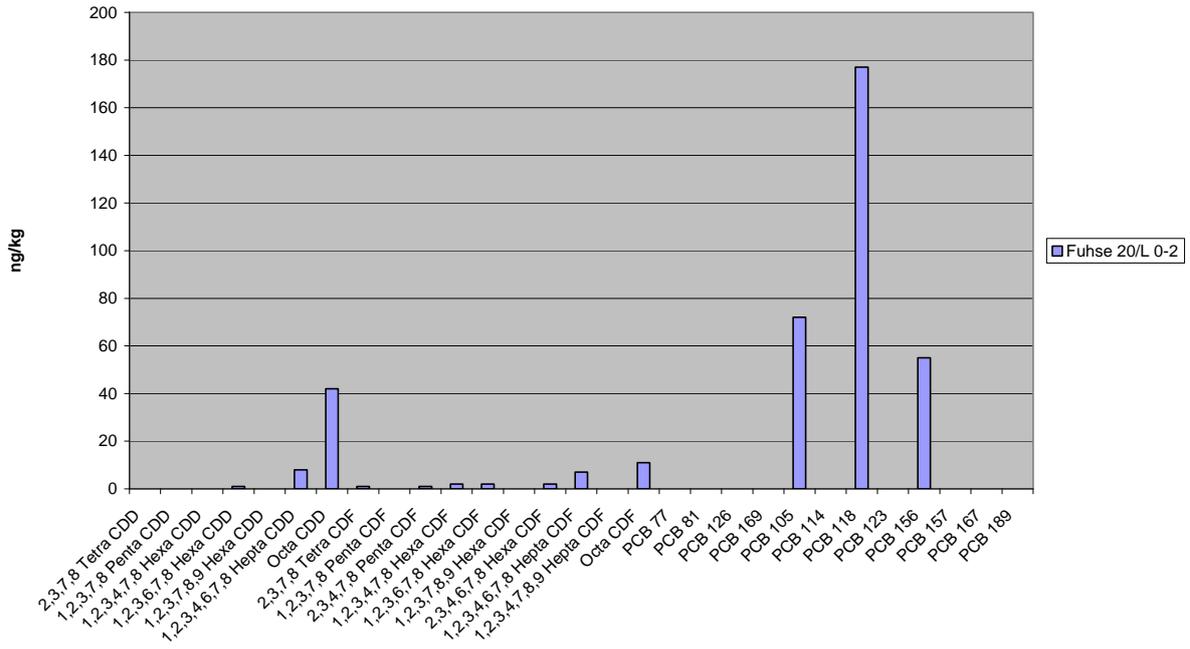
Boden LBEG



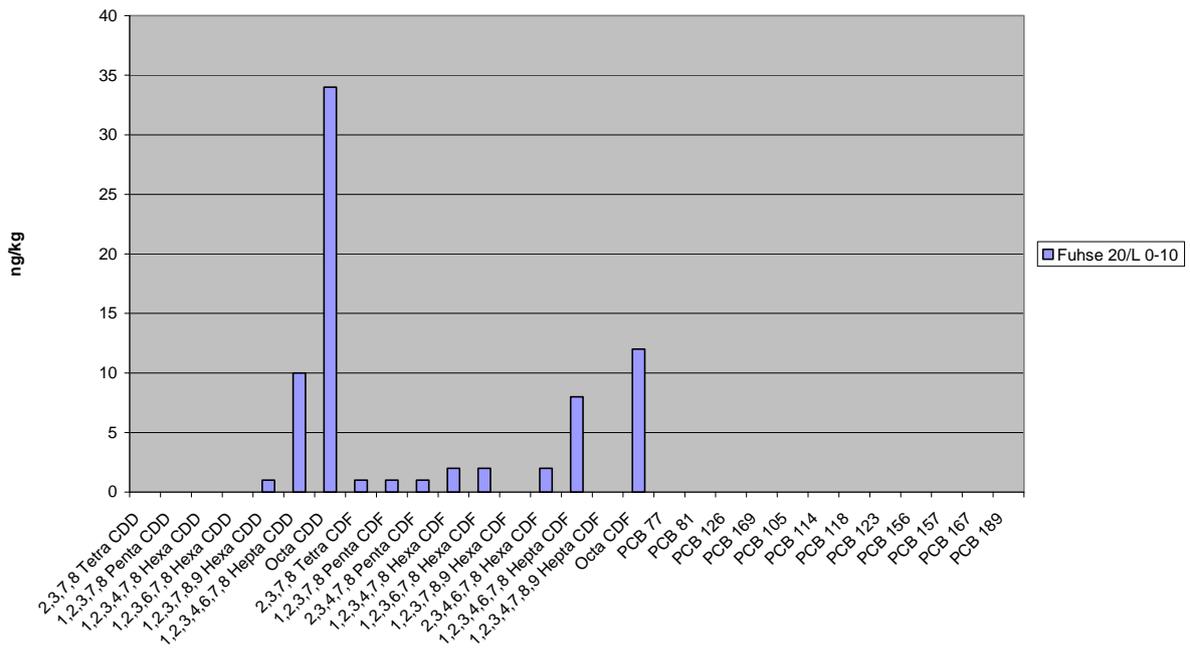
Boden LBEG



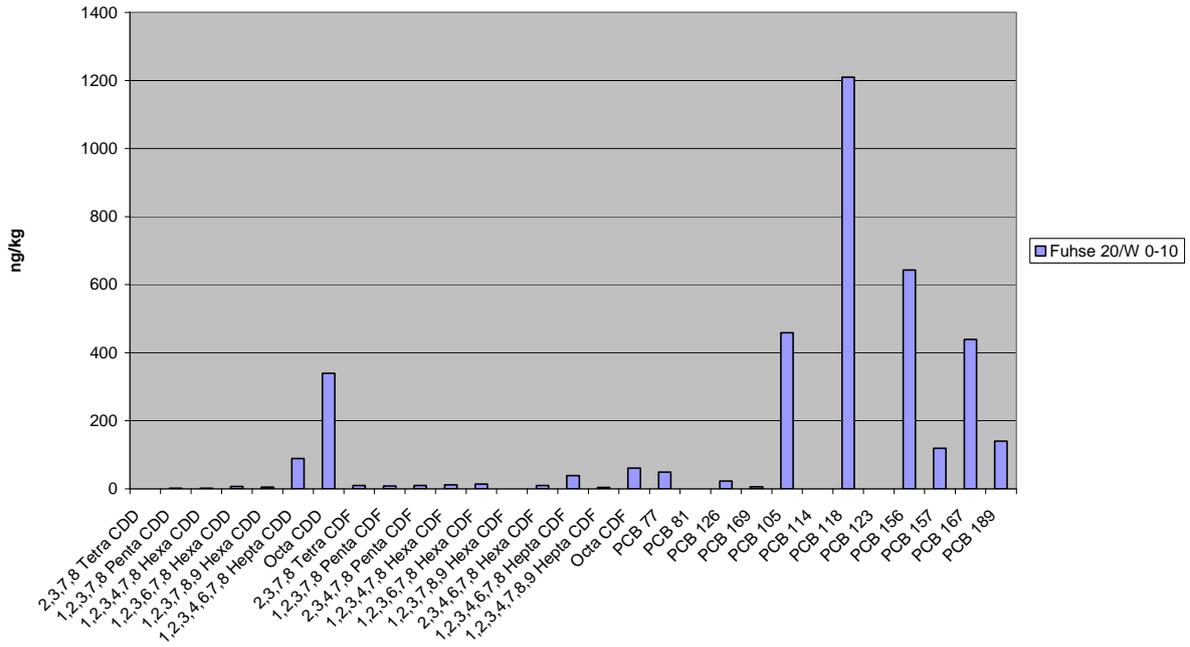
Boden LBEG



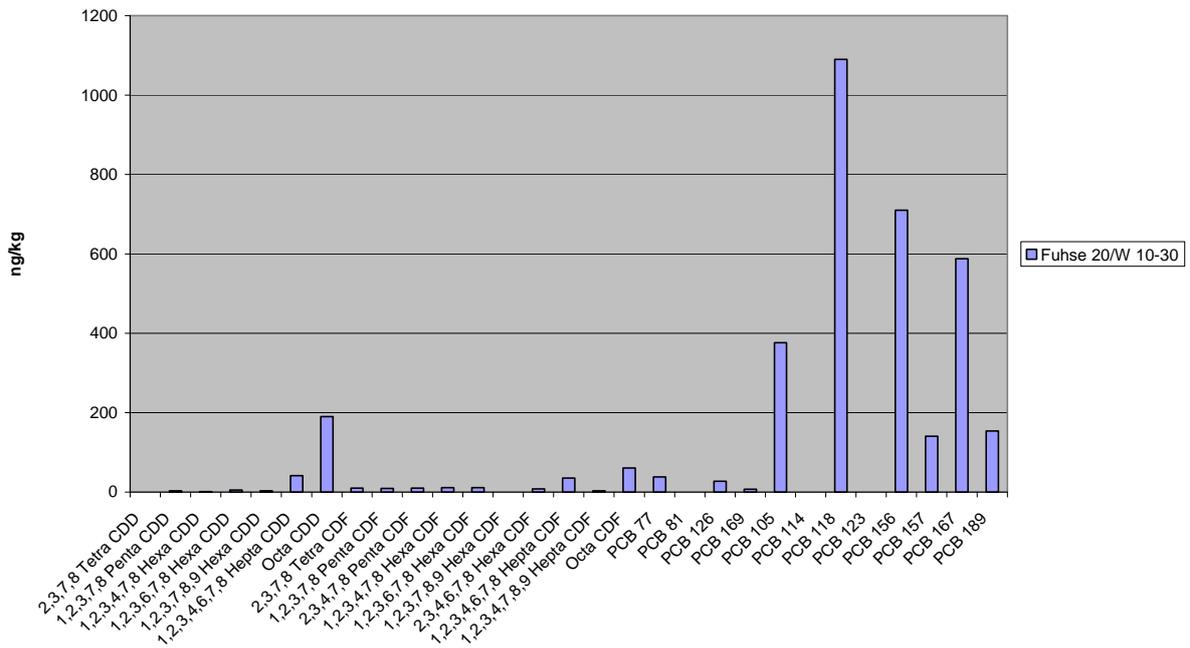
Boden LBEG



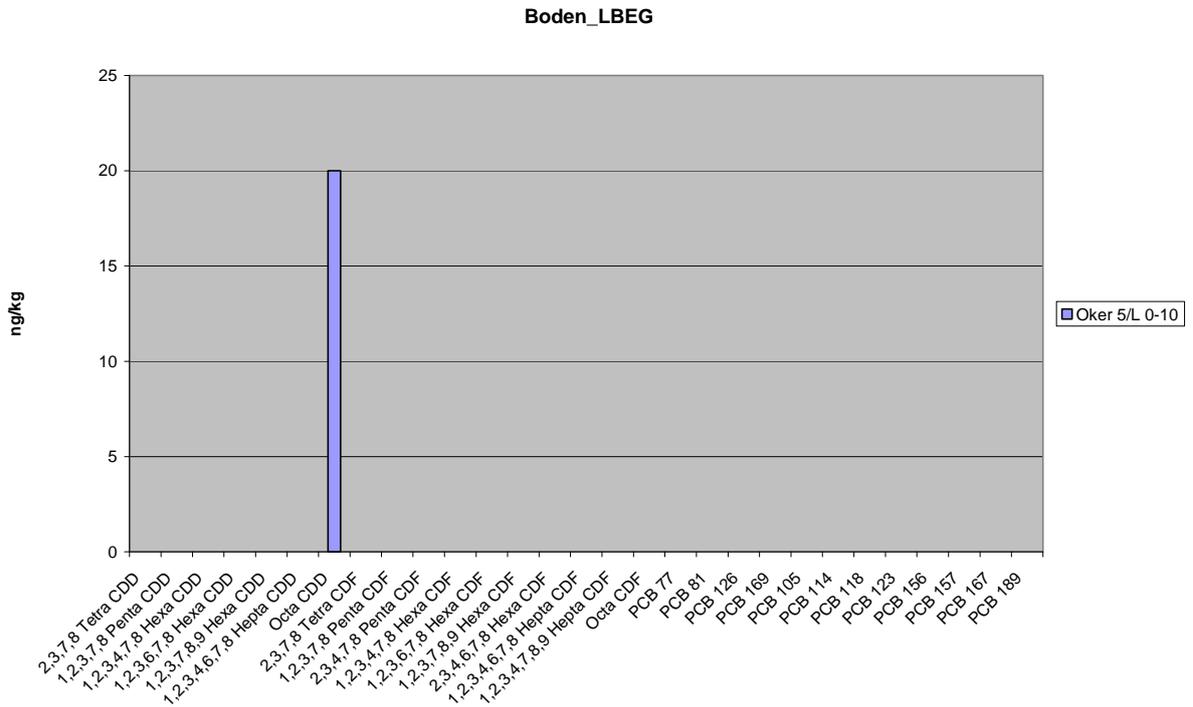
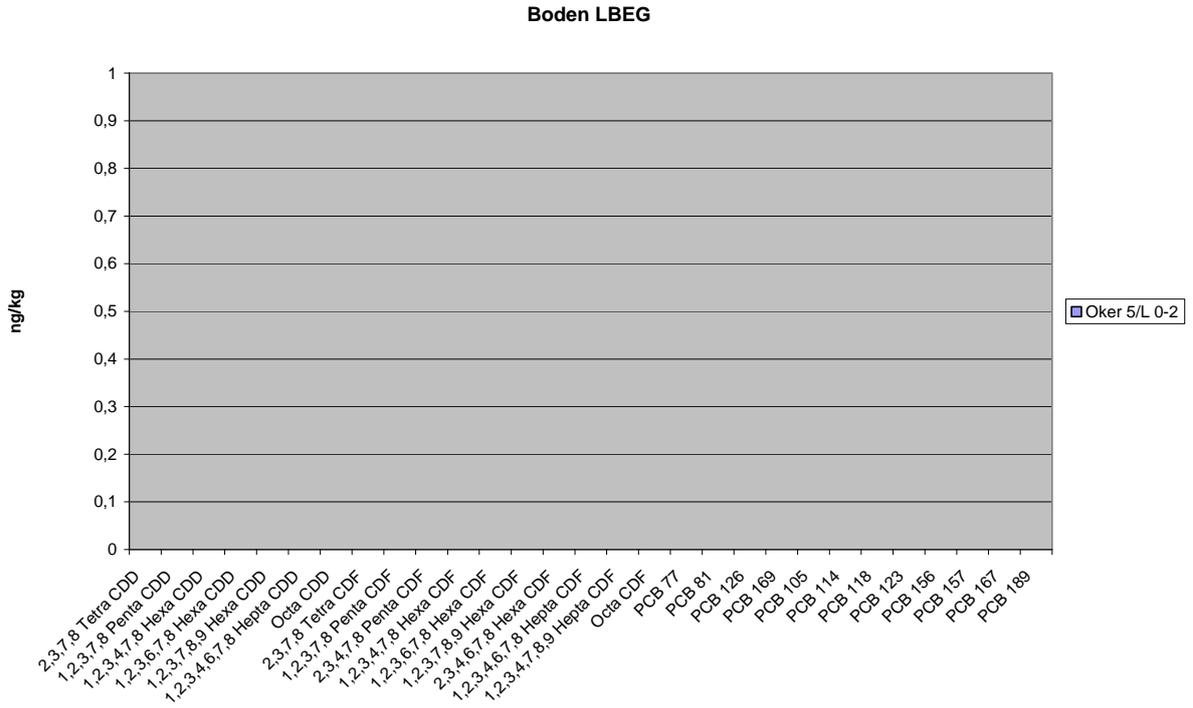
Boden LBEG



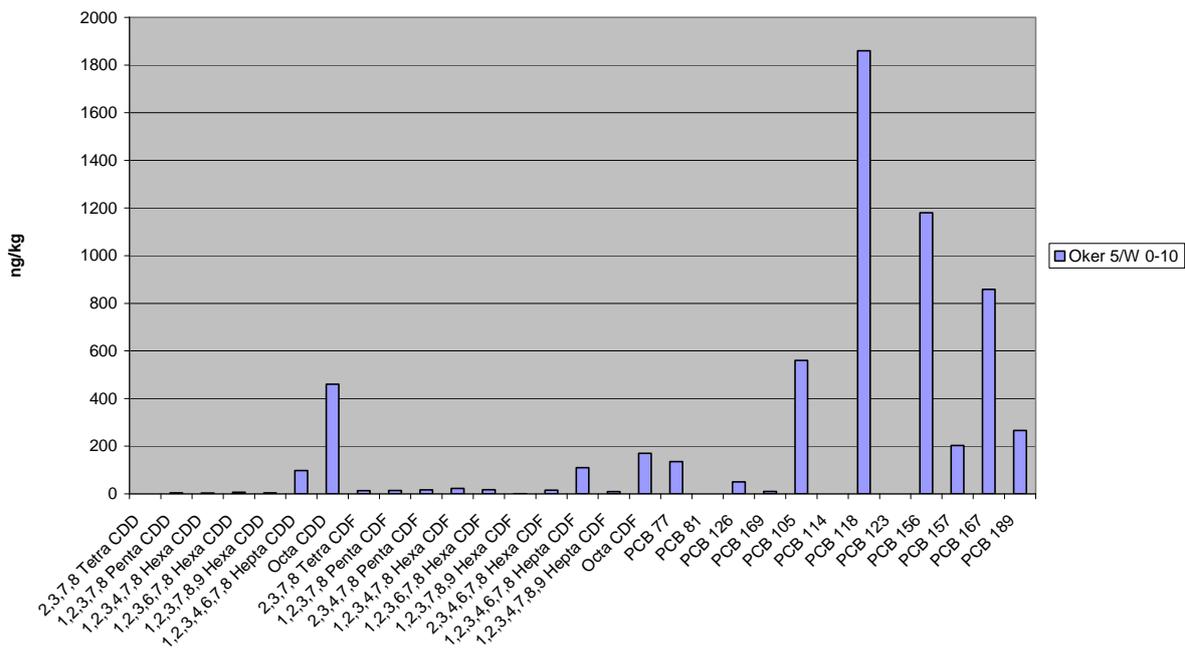
Boden LBEG



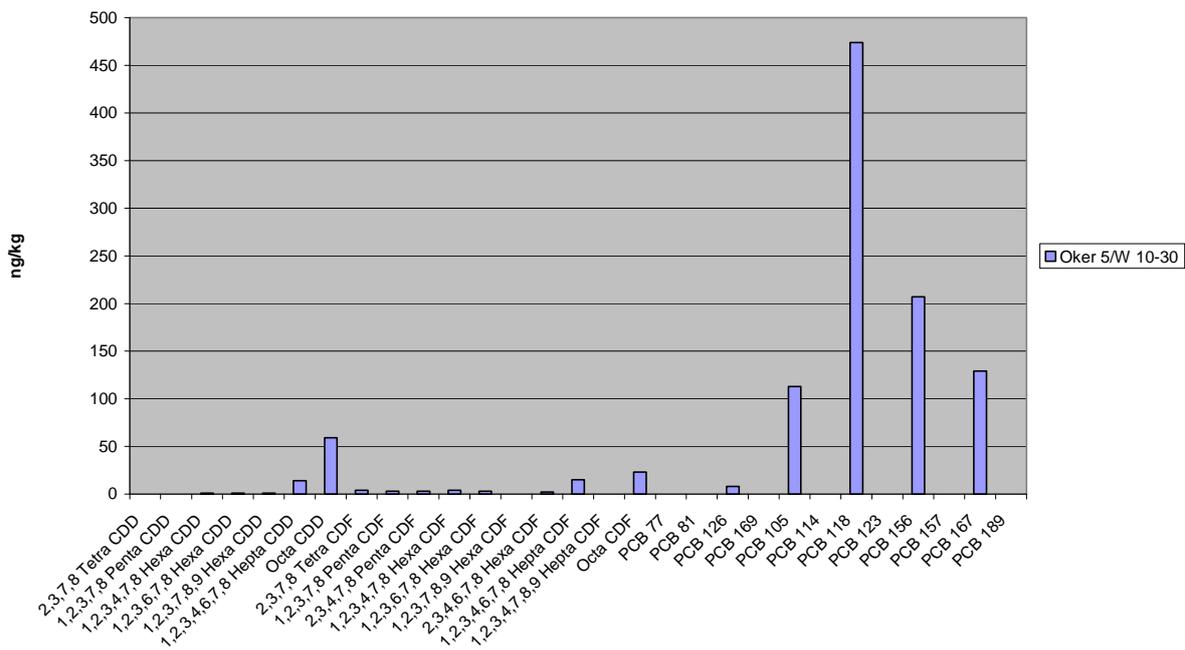
Gesamtschau der an der Oker ermittelten Kongenerenmuster



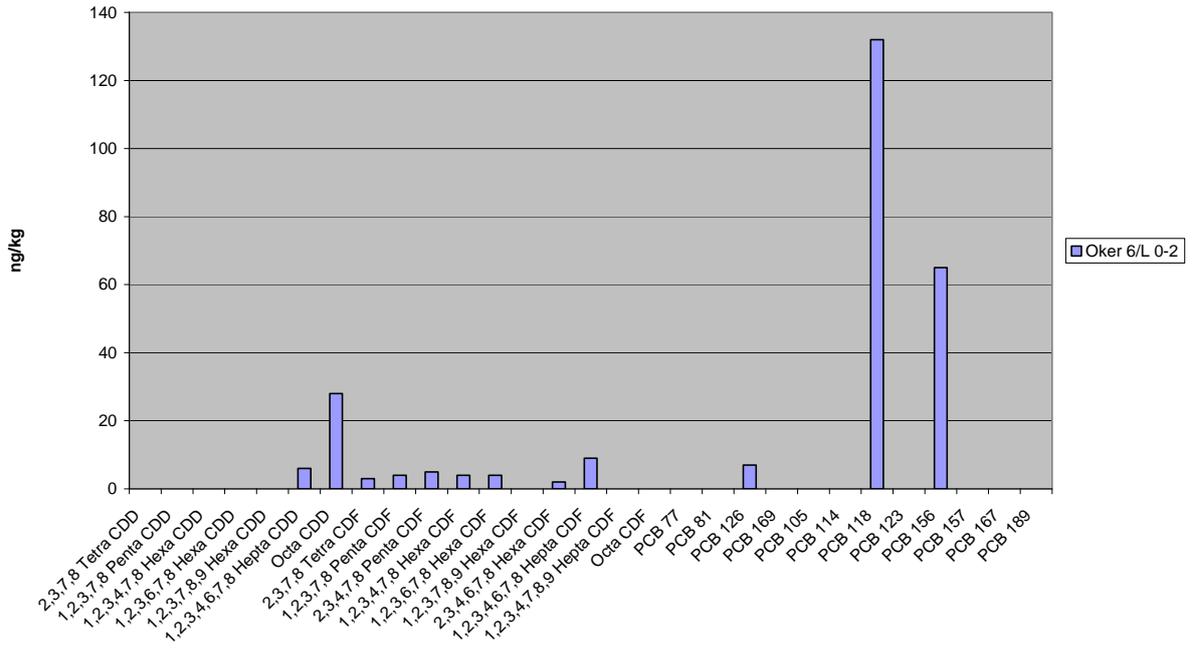
Boden LBEG



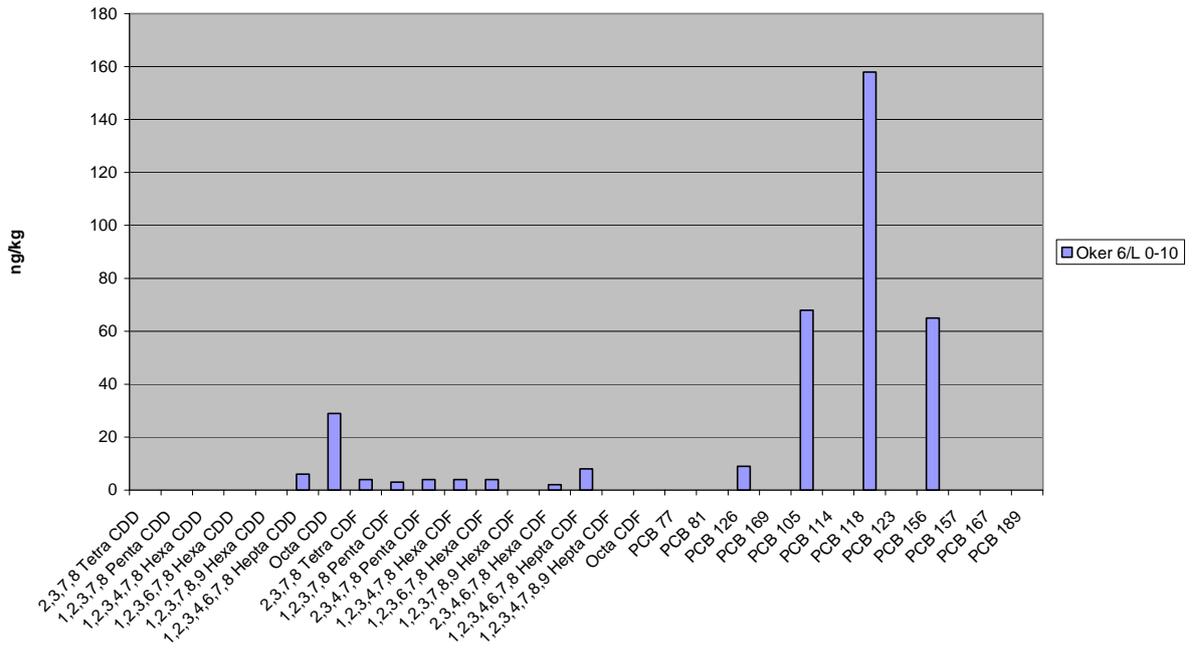
Boden LBEG



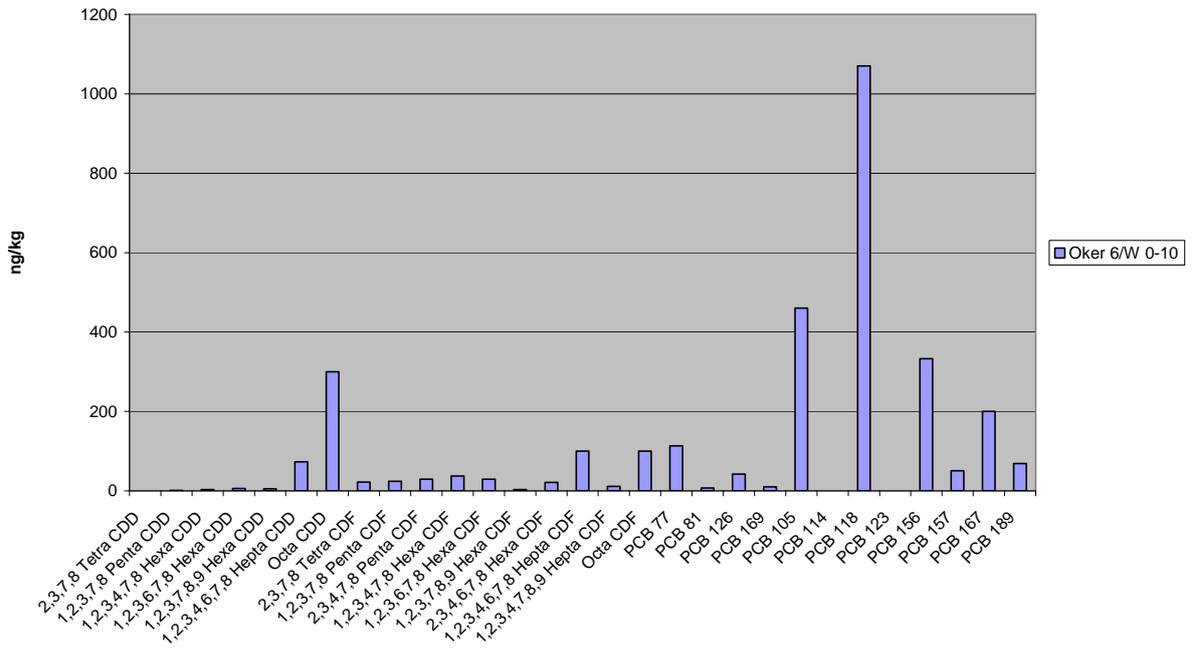
Boden LBEG



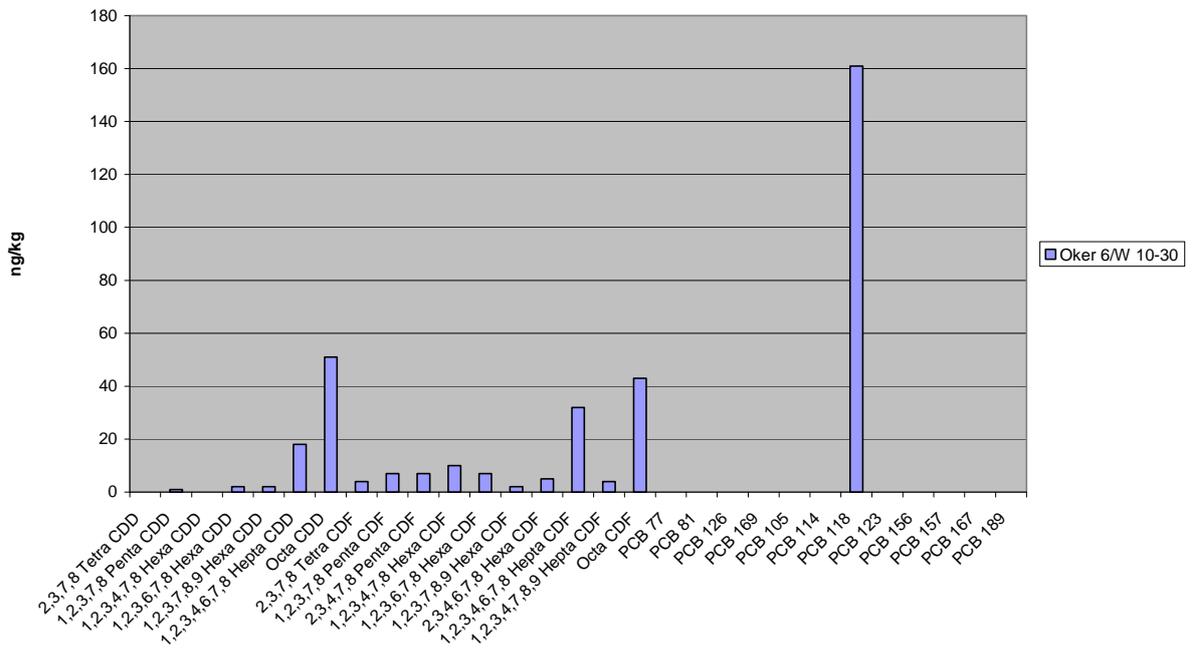
Boden LBEG



Boden LBEG

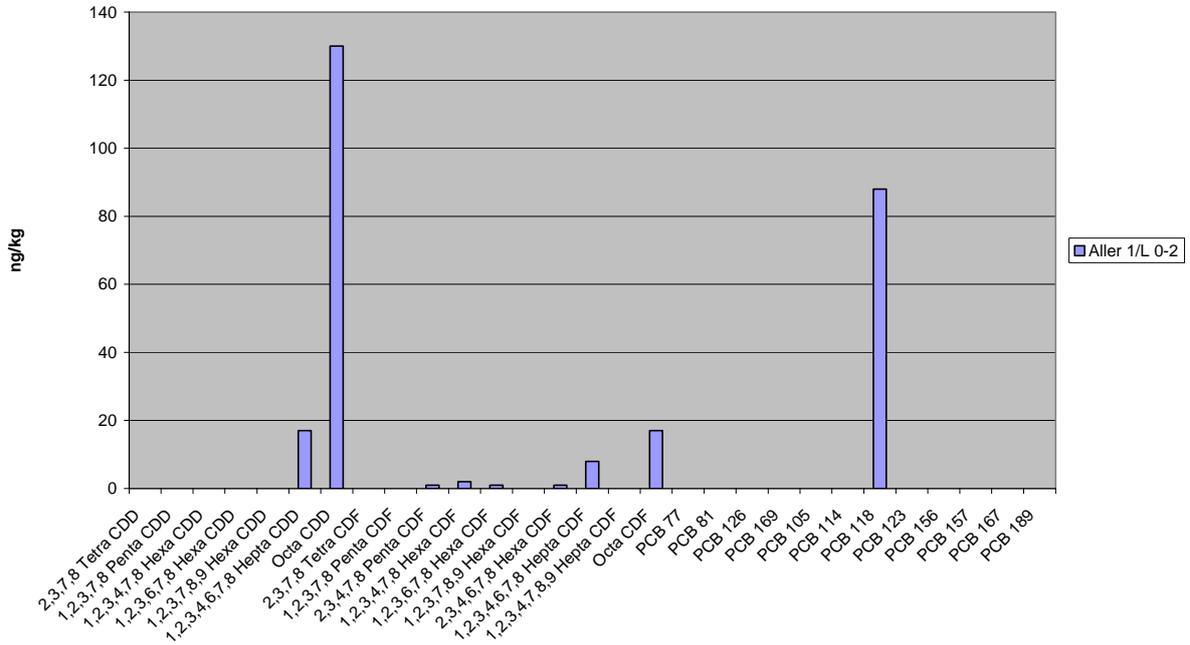


Boden LBEG

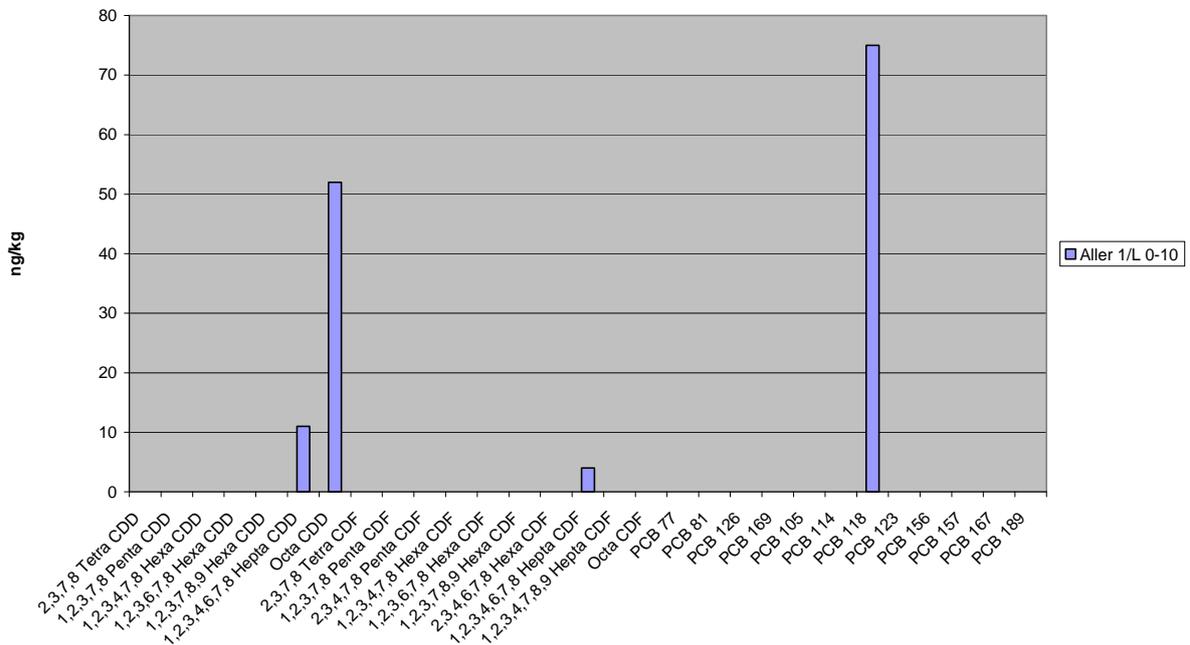


Gesamtschau der an der Aller ermittelten Kongenerenmuster

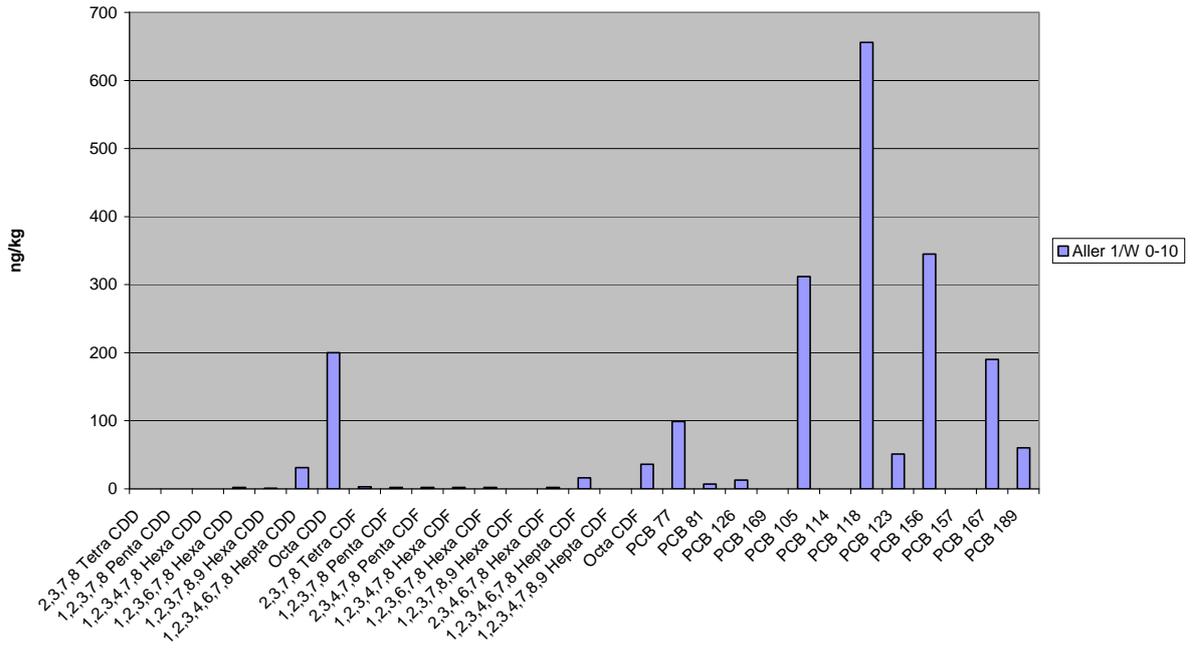
Boden LBEG



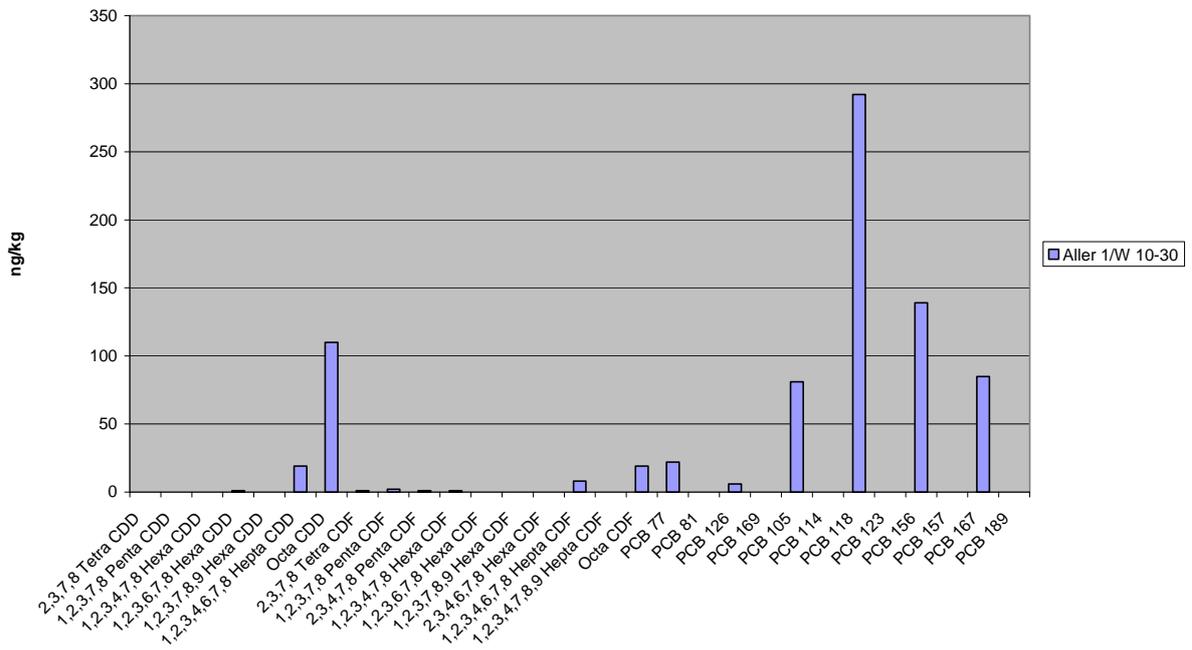
Boden LBEG



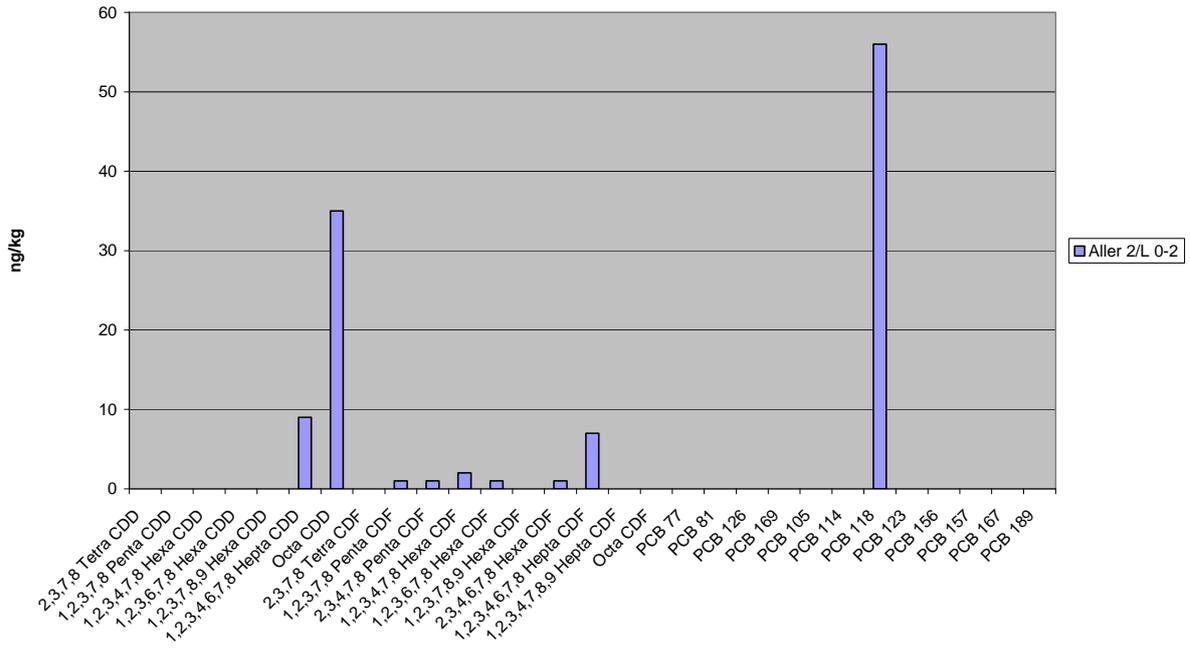
Boden LBEG



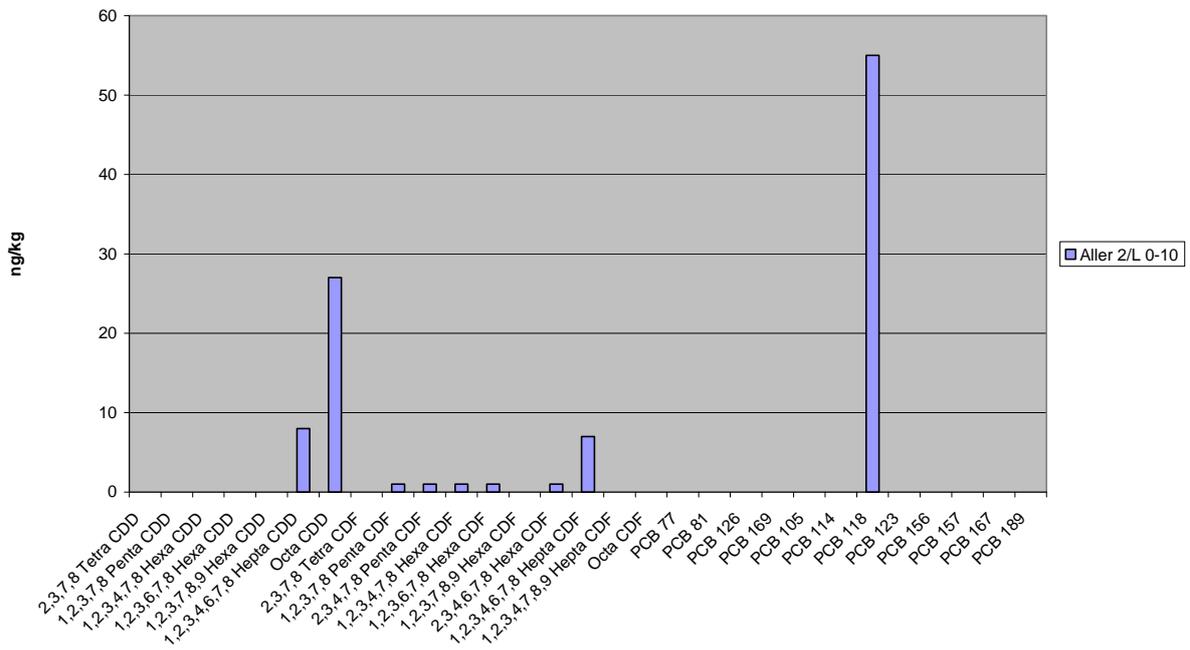
Boden LBEG



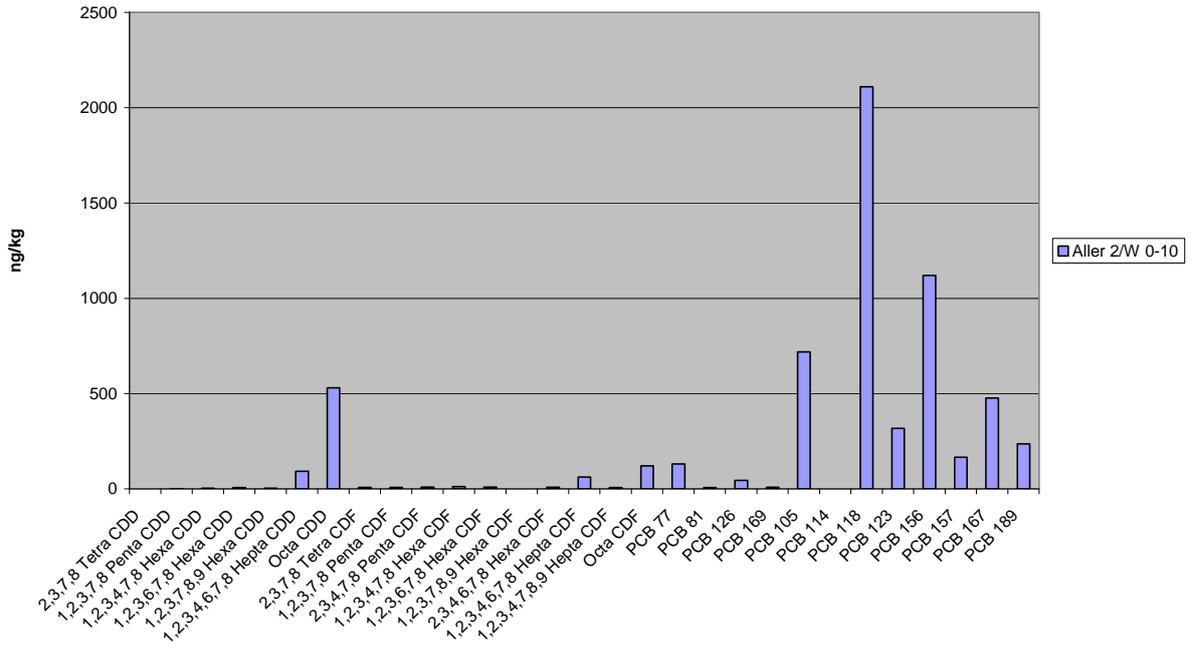
Boden LBEG



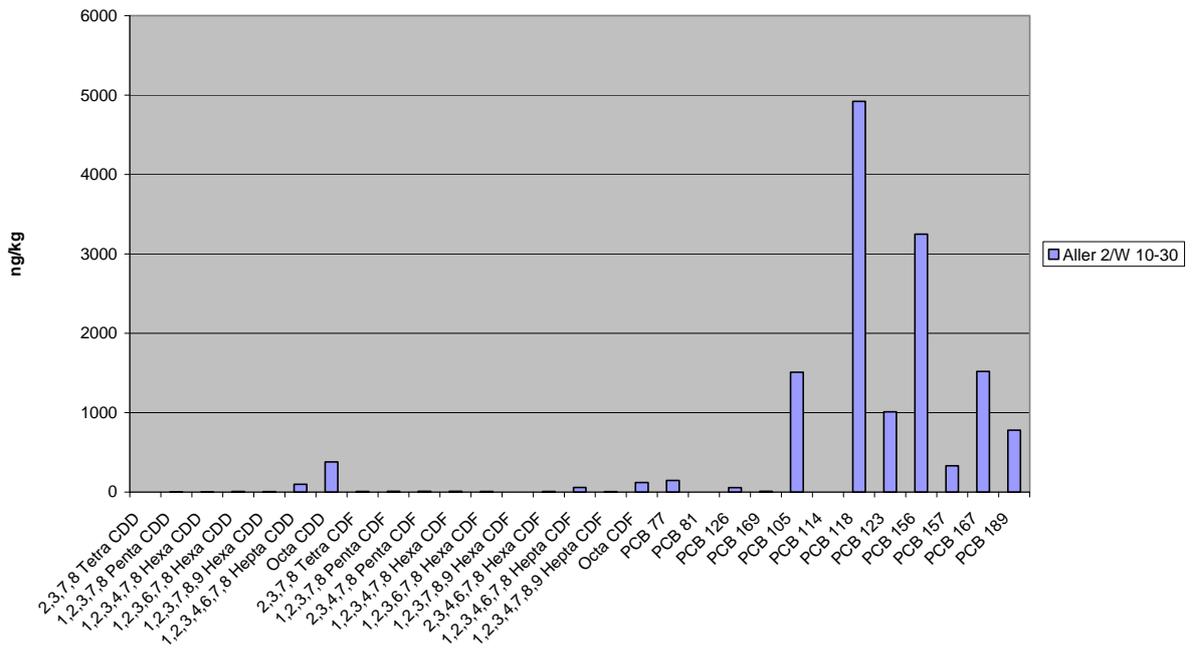
Boden LBEG



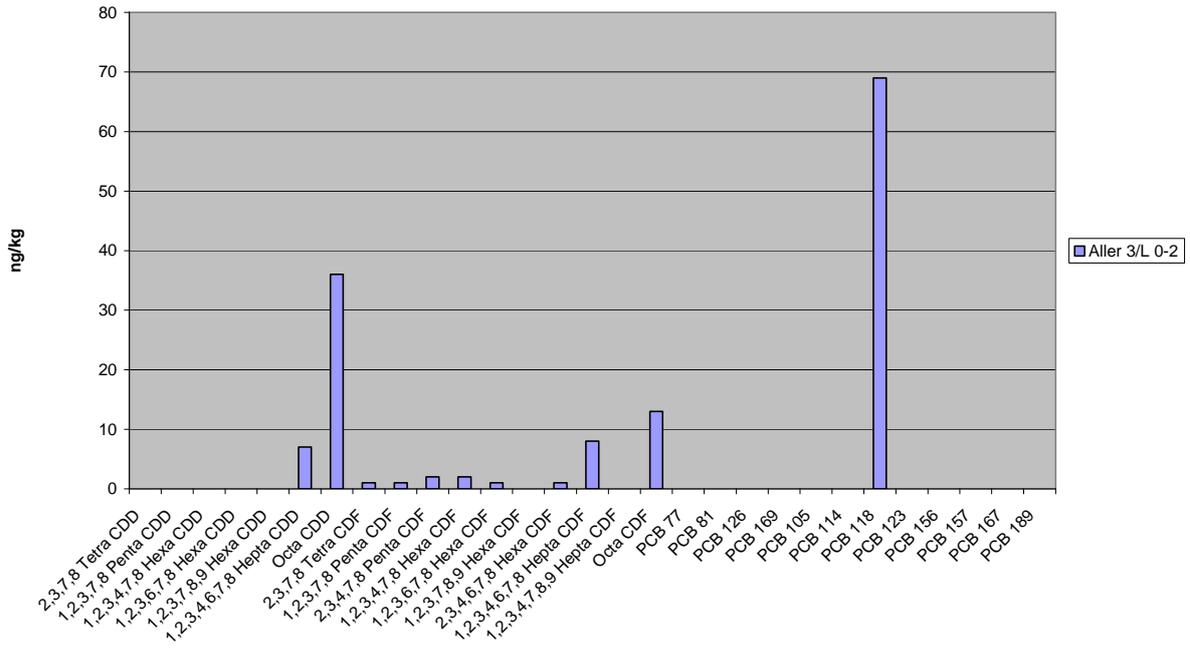
Boden LBEG



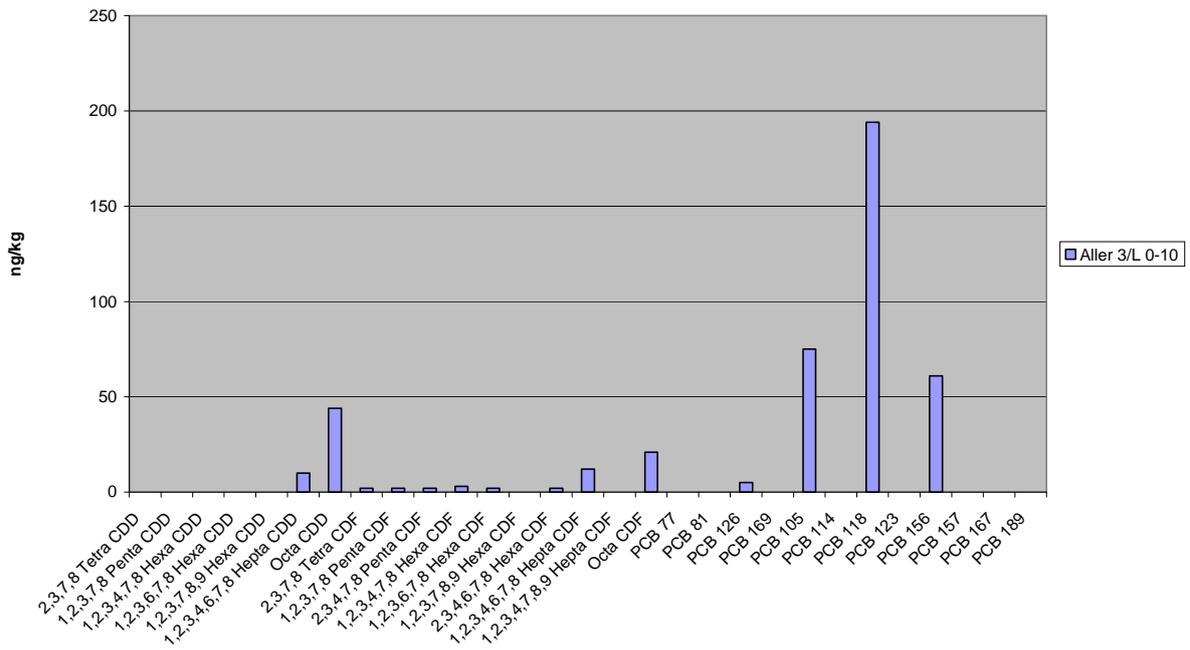
Boden LBEG



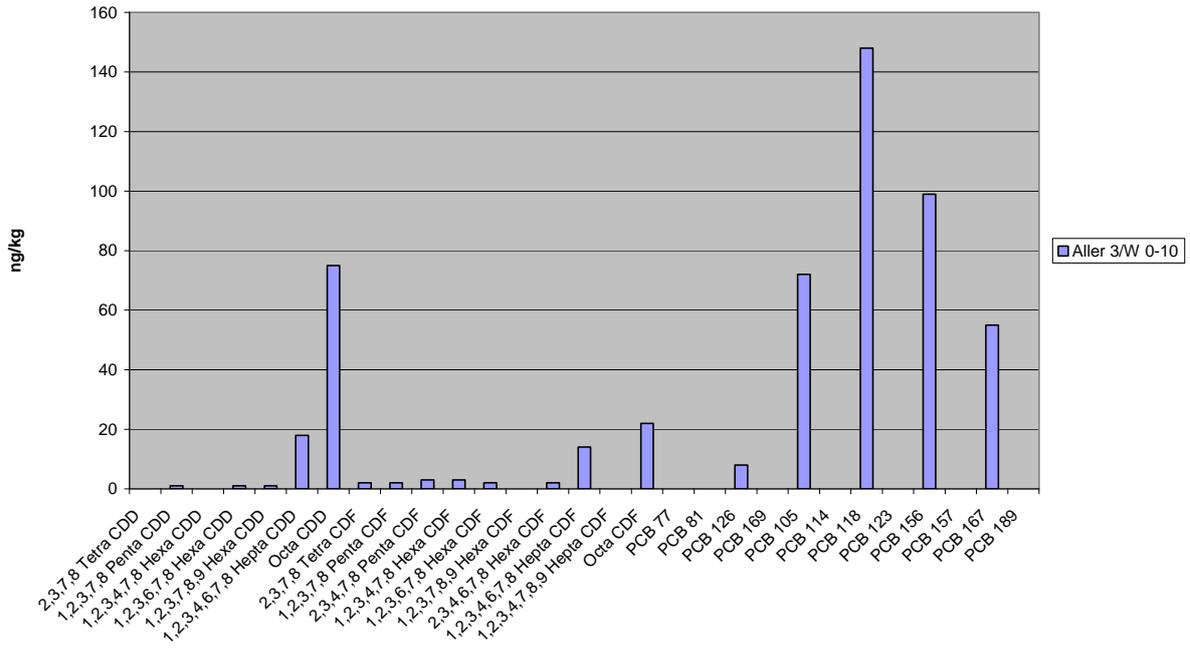
Boden LBEG



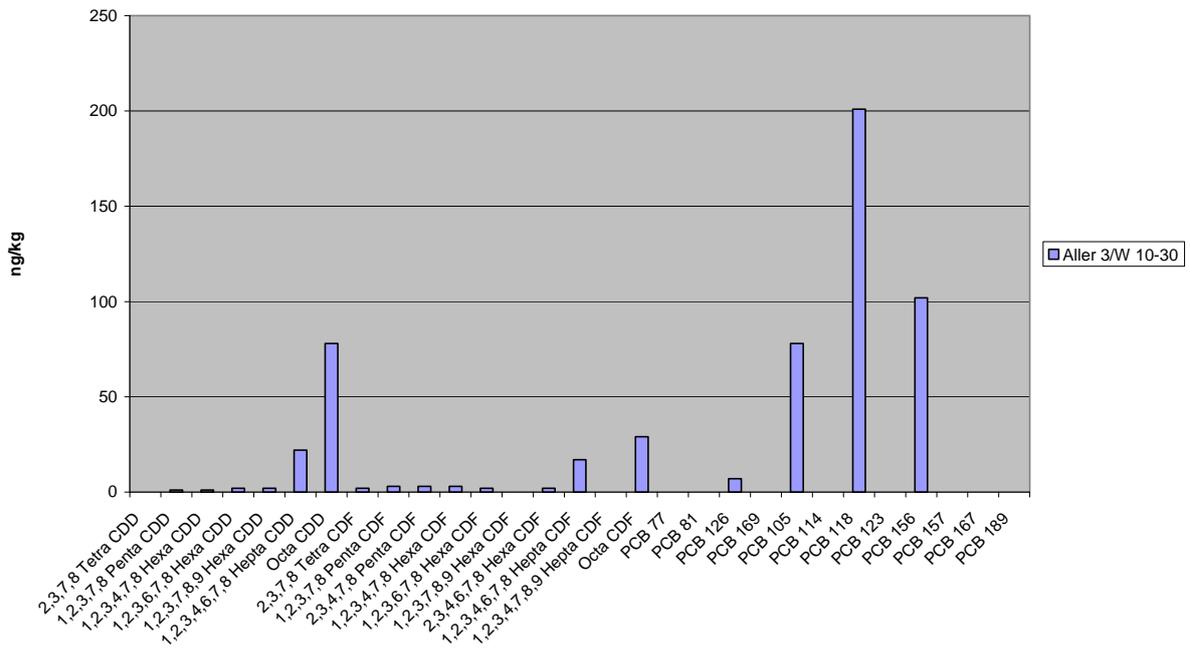
Boden LBEG



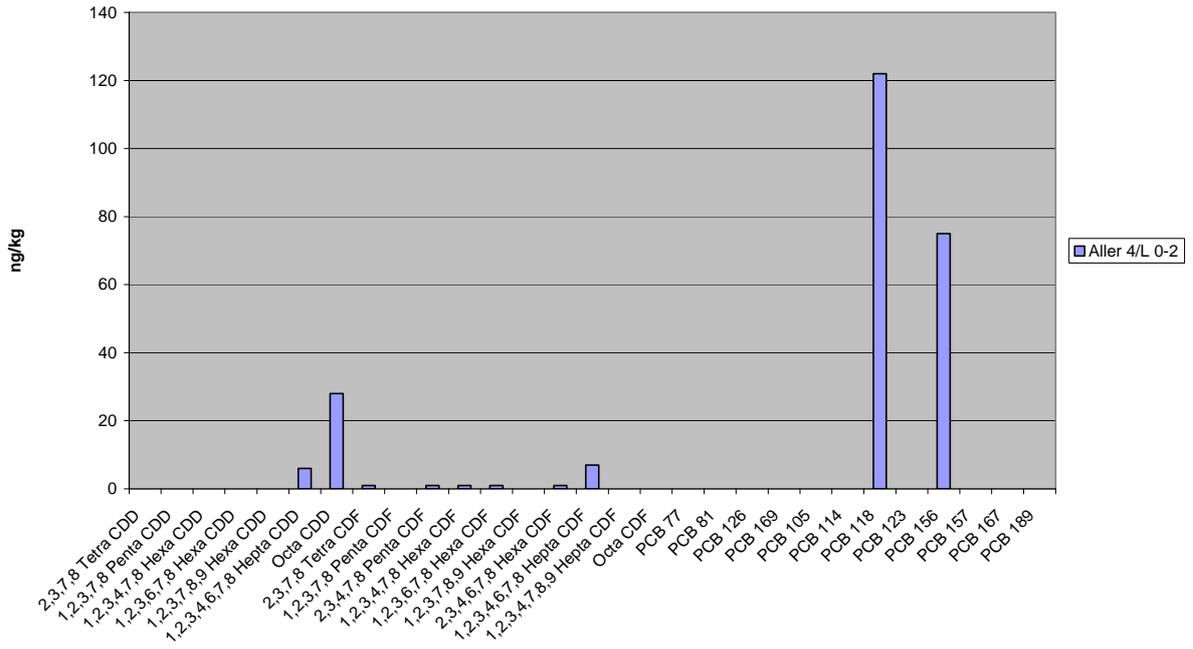
Boden LBEG



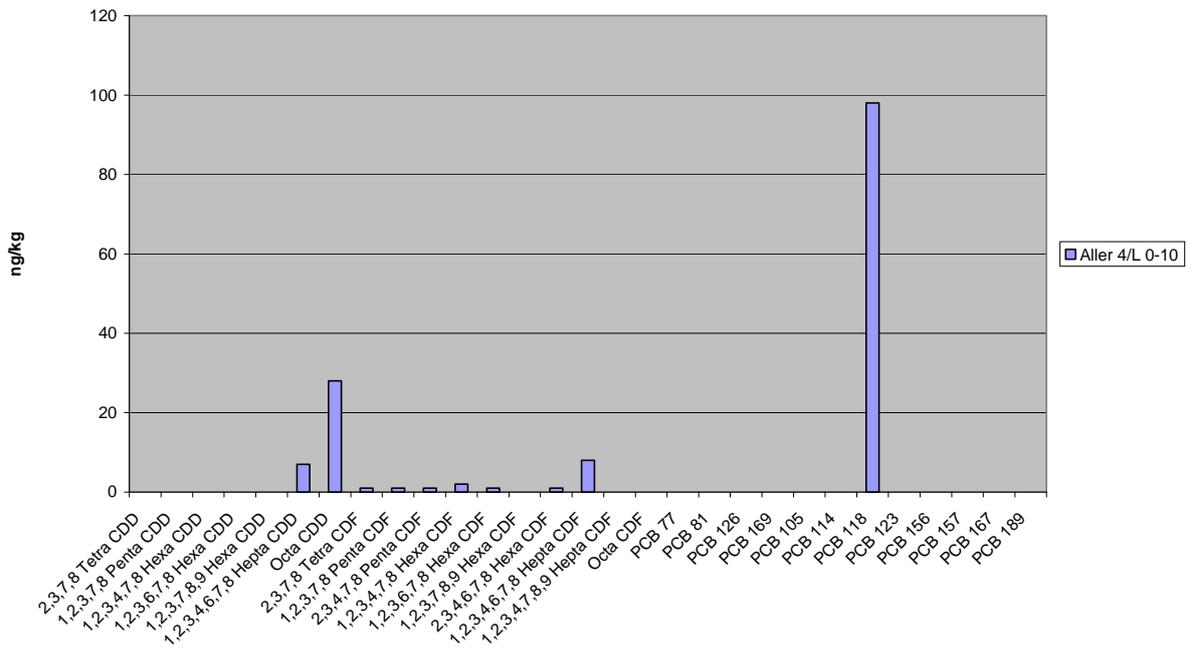
Boden LBEG



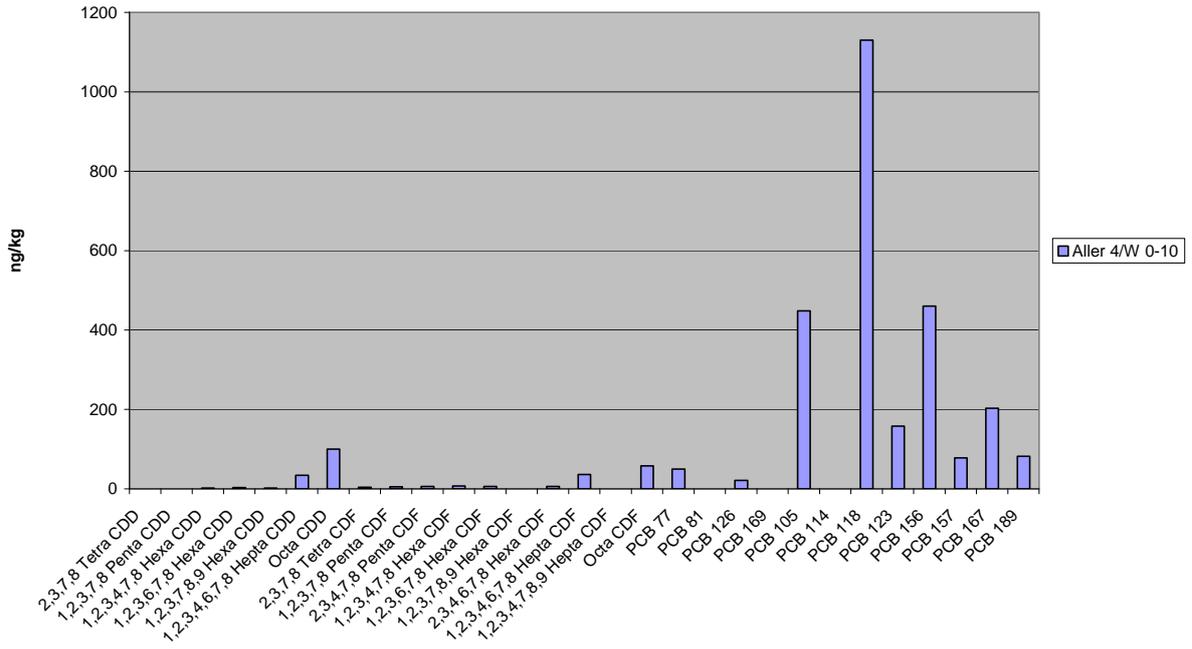
Boden LBEG



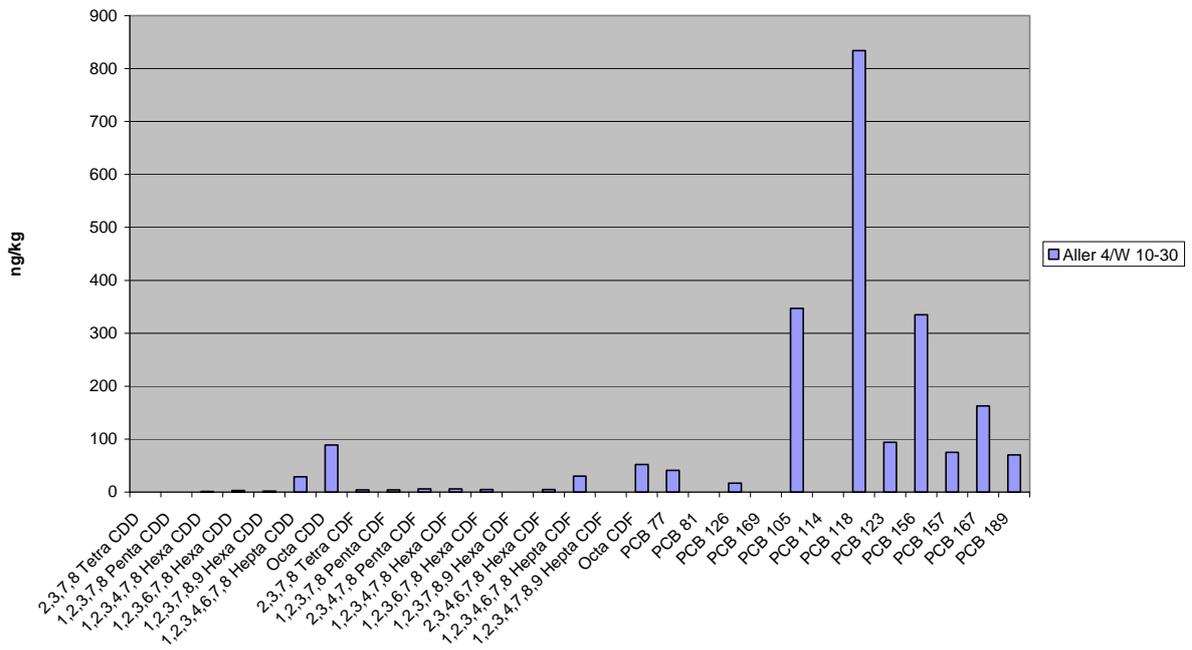
Boden LBEG



Boden LBEG

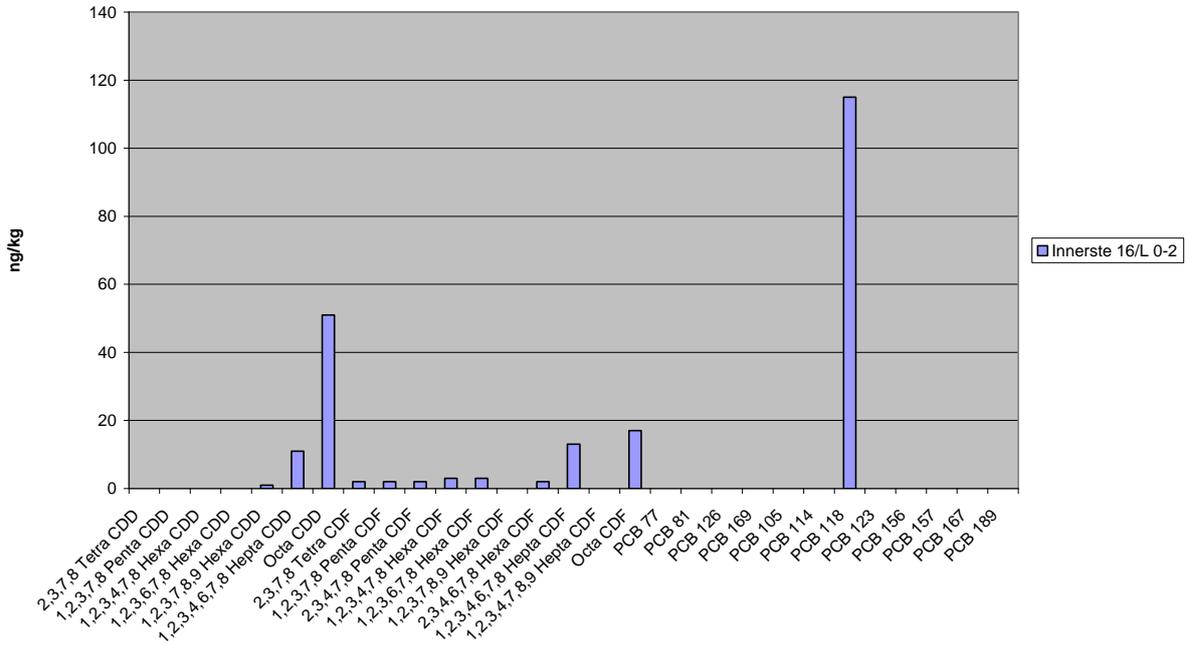


Boden LBEG

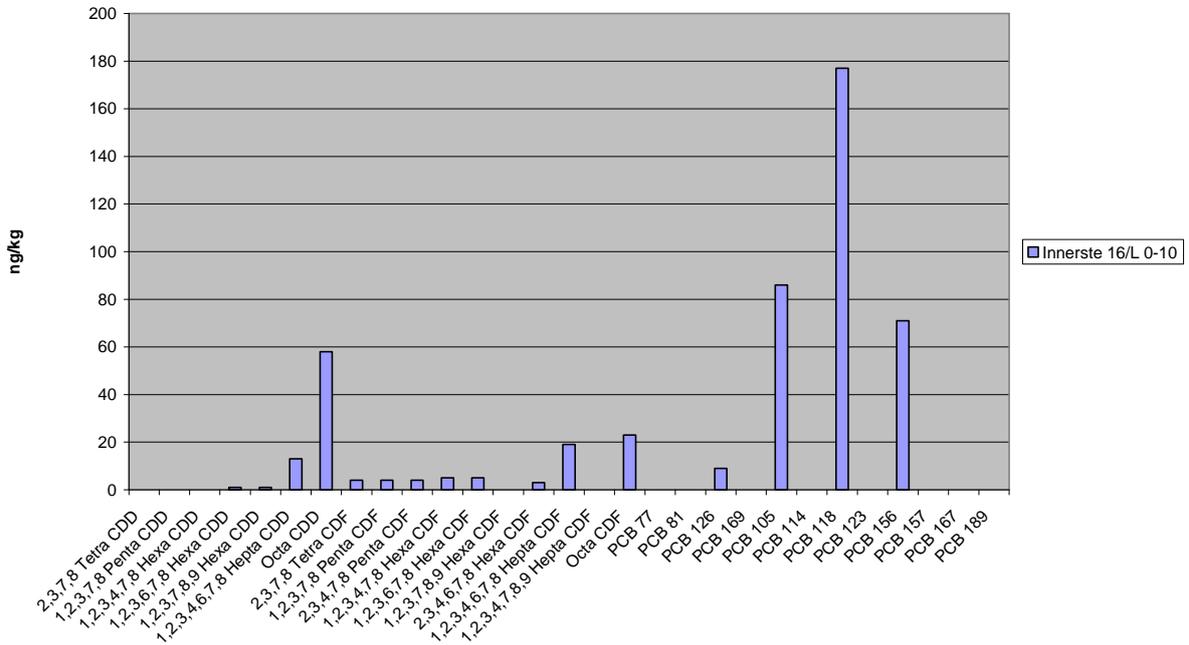


Gesamtschau der an der Innerste ermittelten Kongenerenmuster

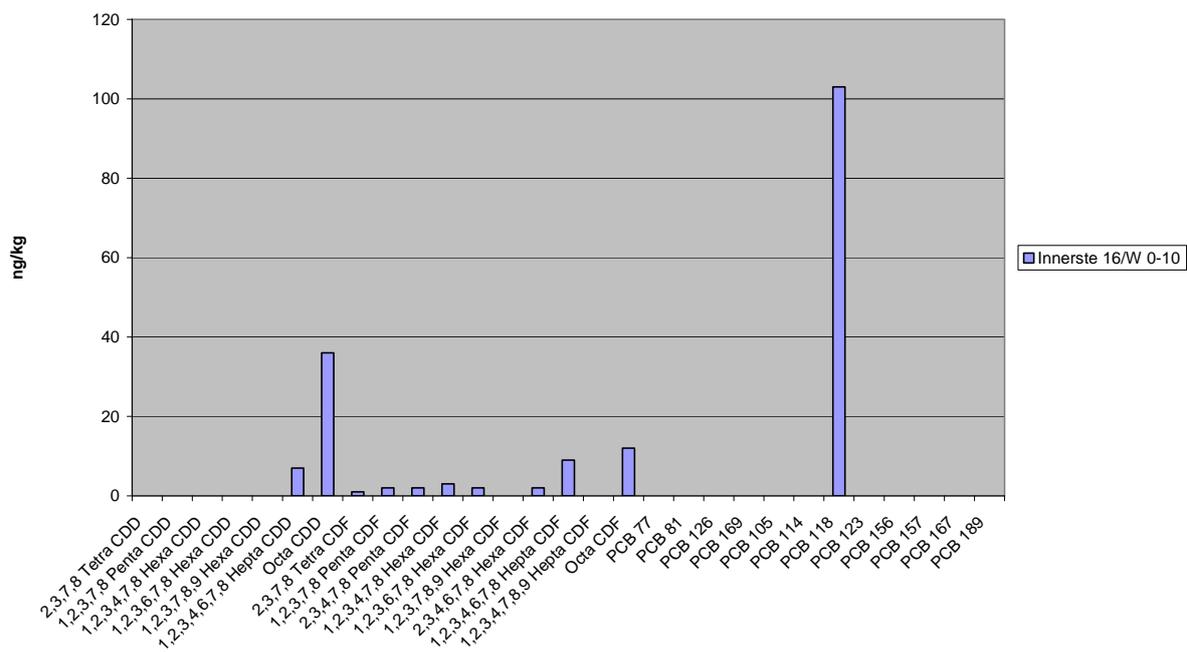
Boden LBEG



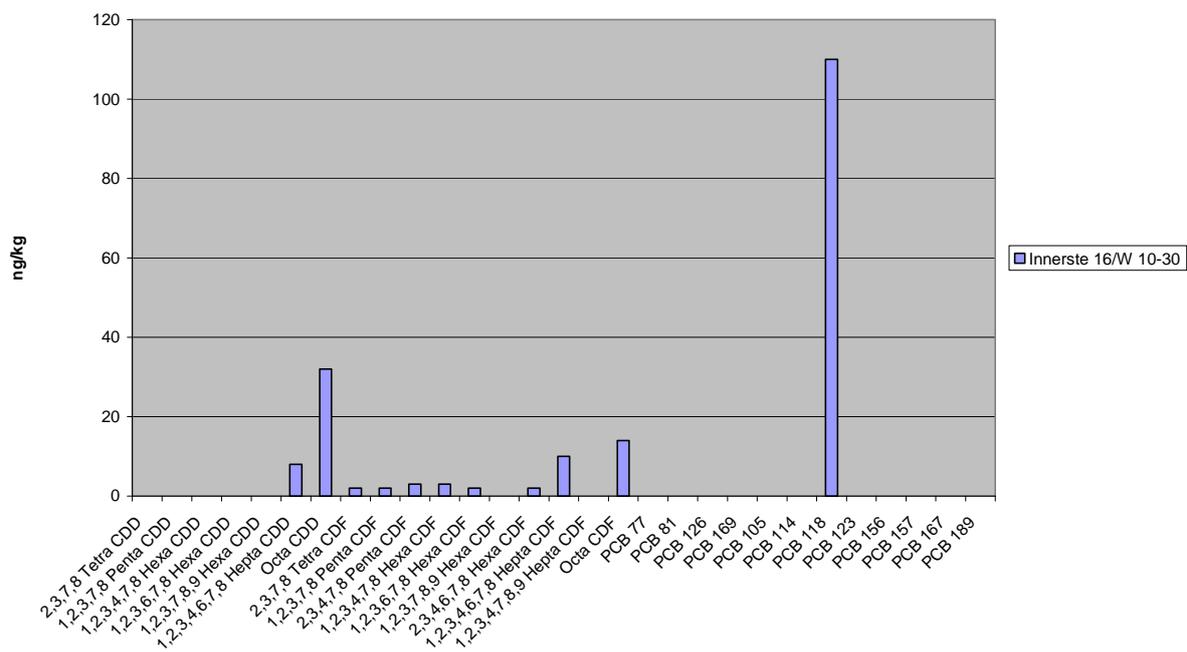
Boden LBEG



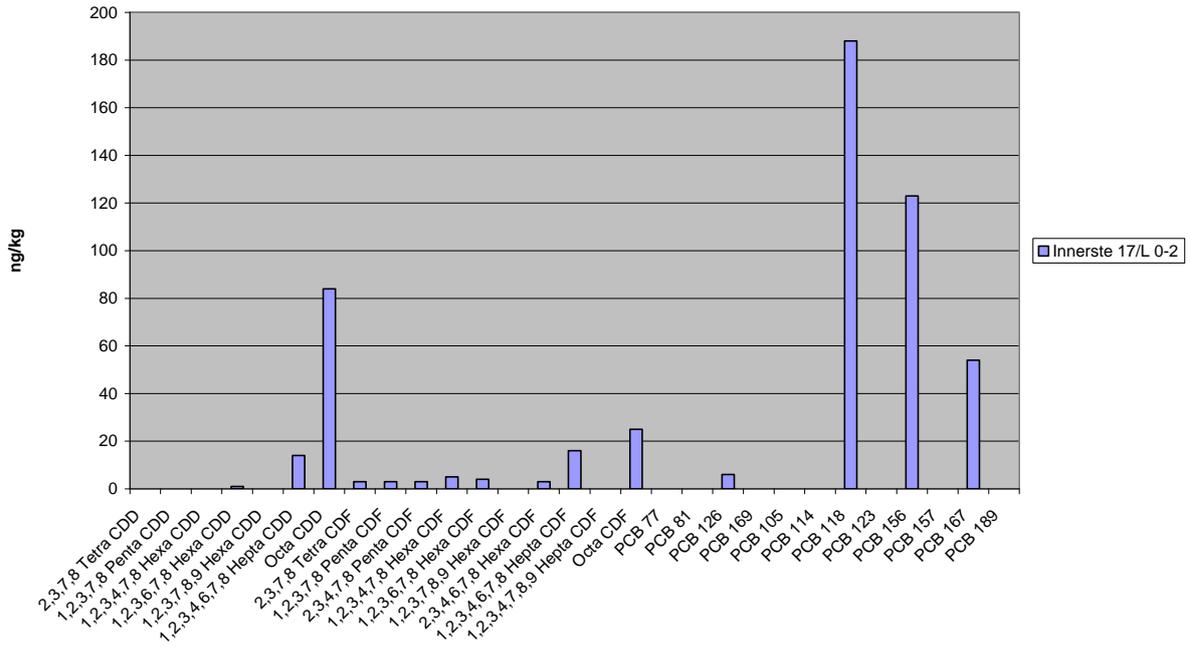
Boden LBEG



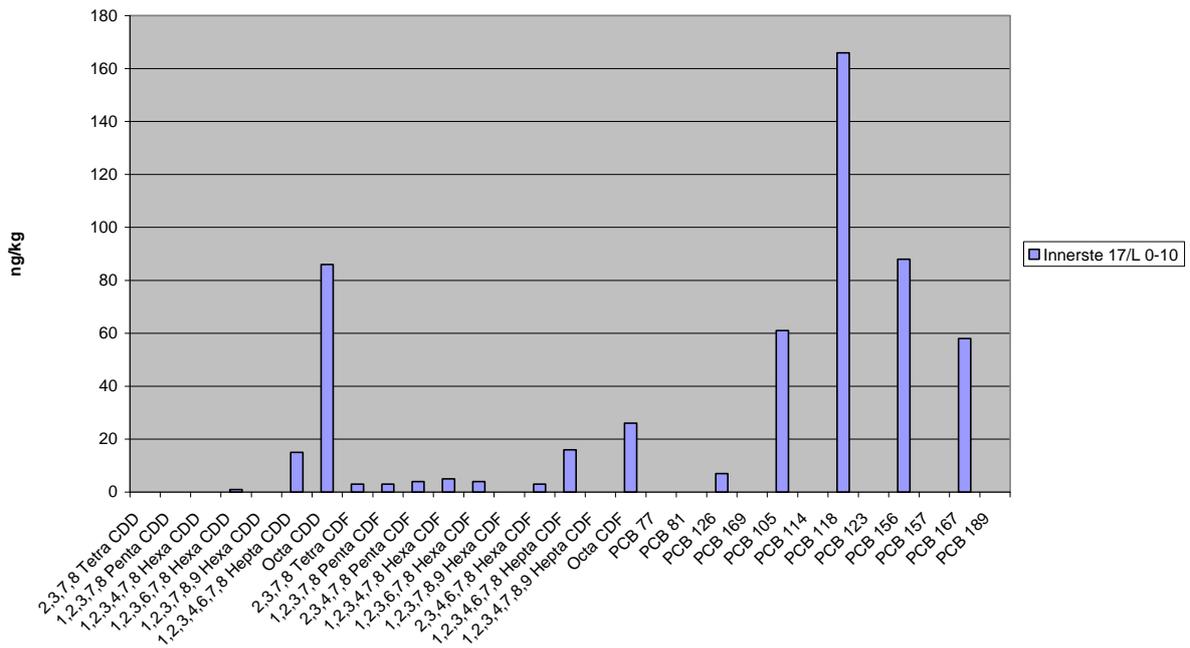
Boden LBEG



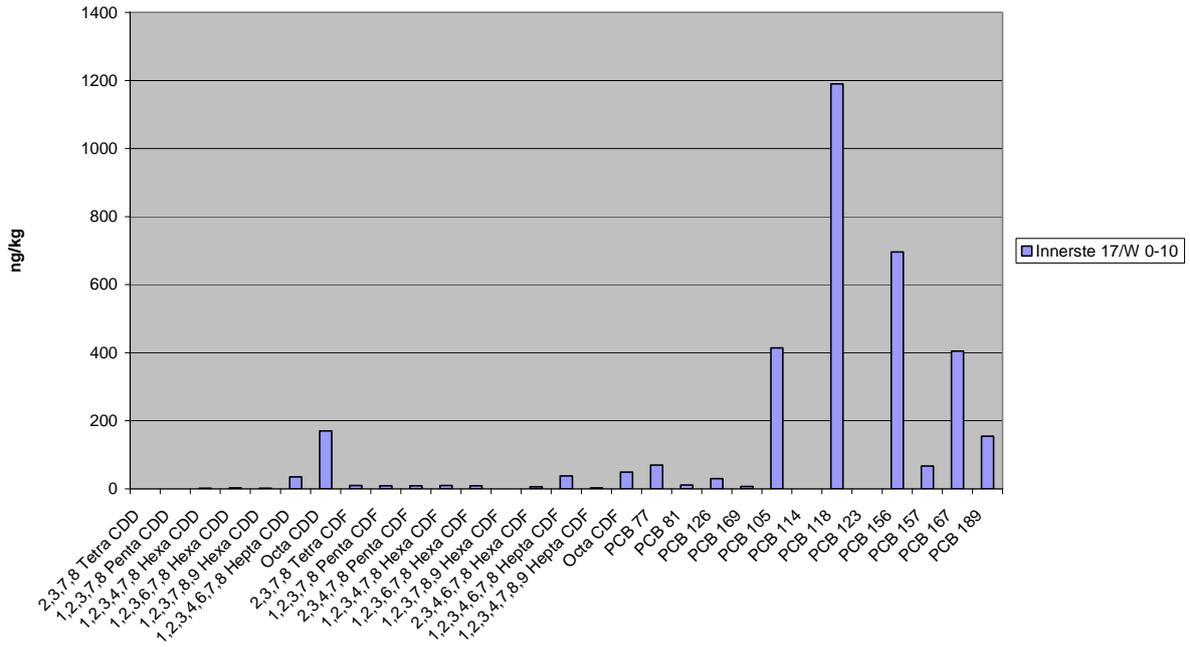
Boden LBEG



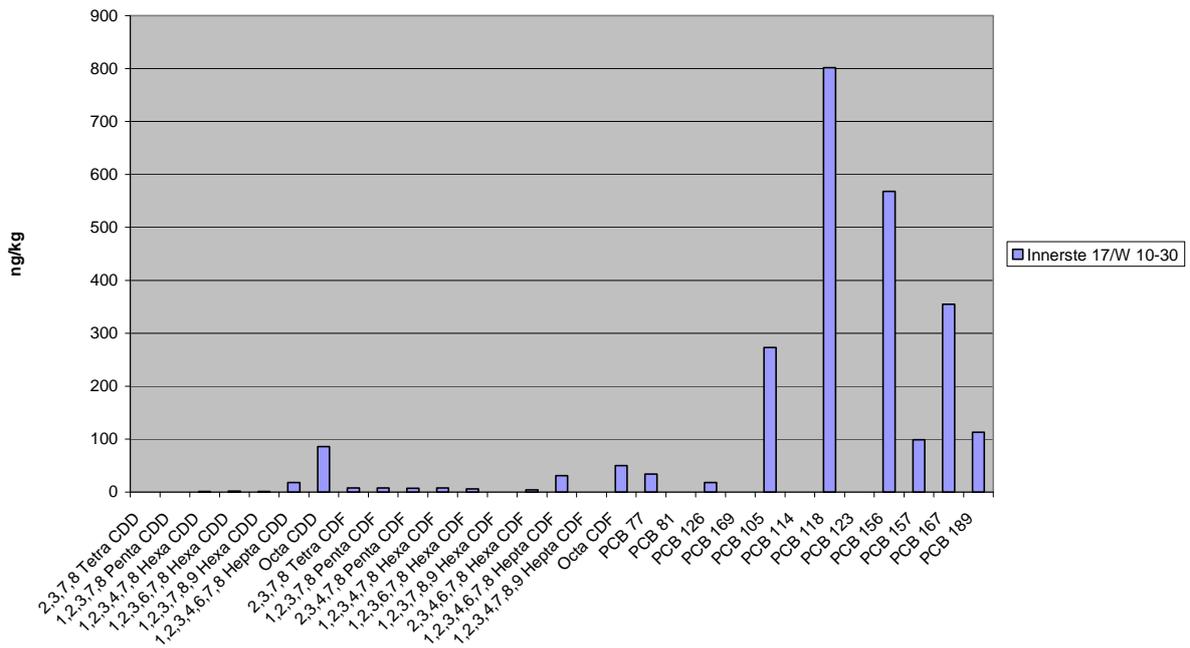
Boden LBEG



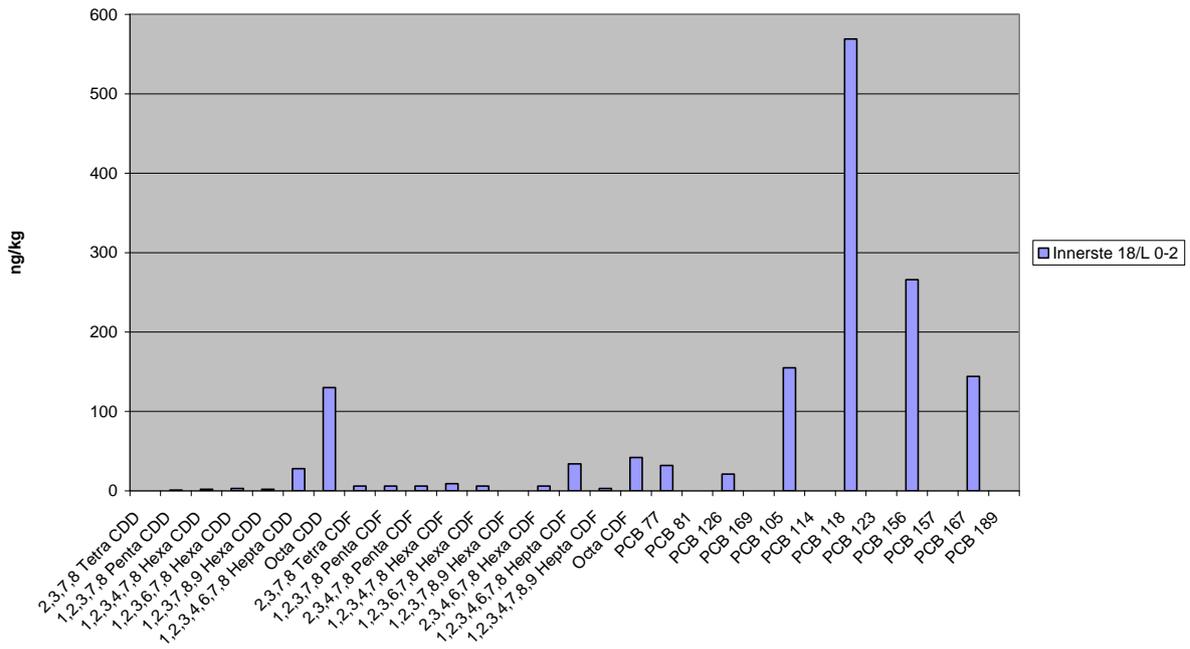
Boden LBEG



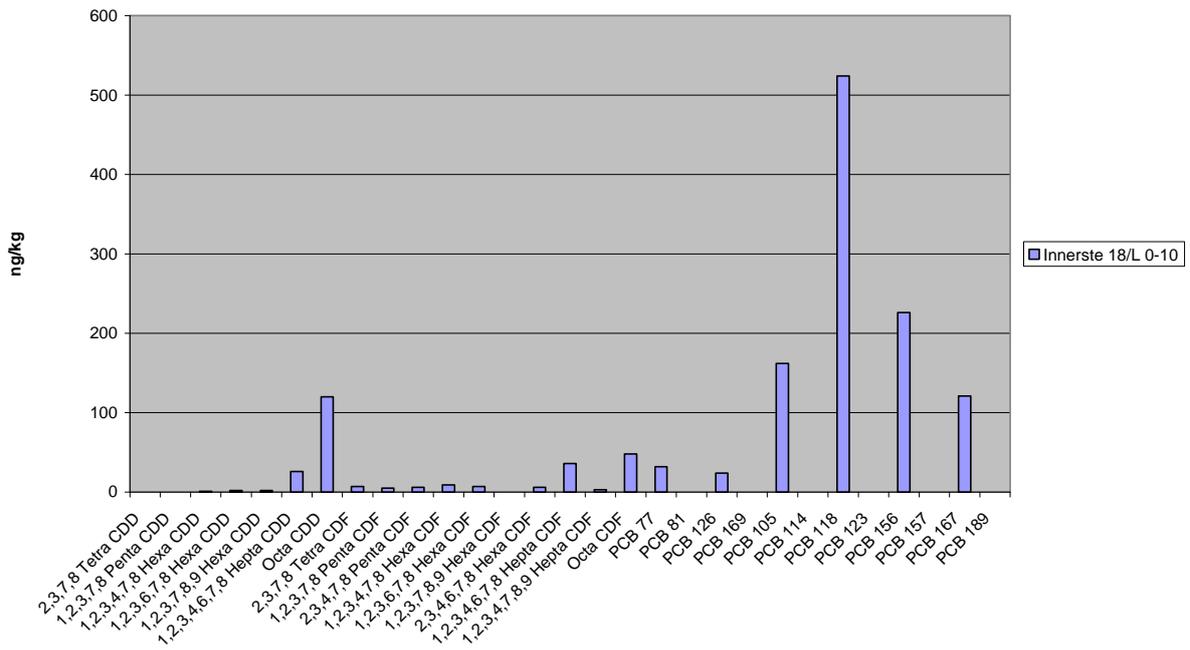
Boden LBEG



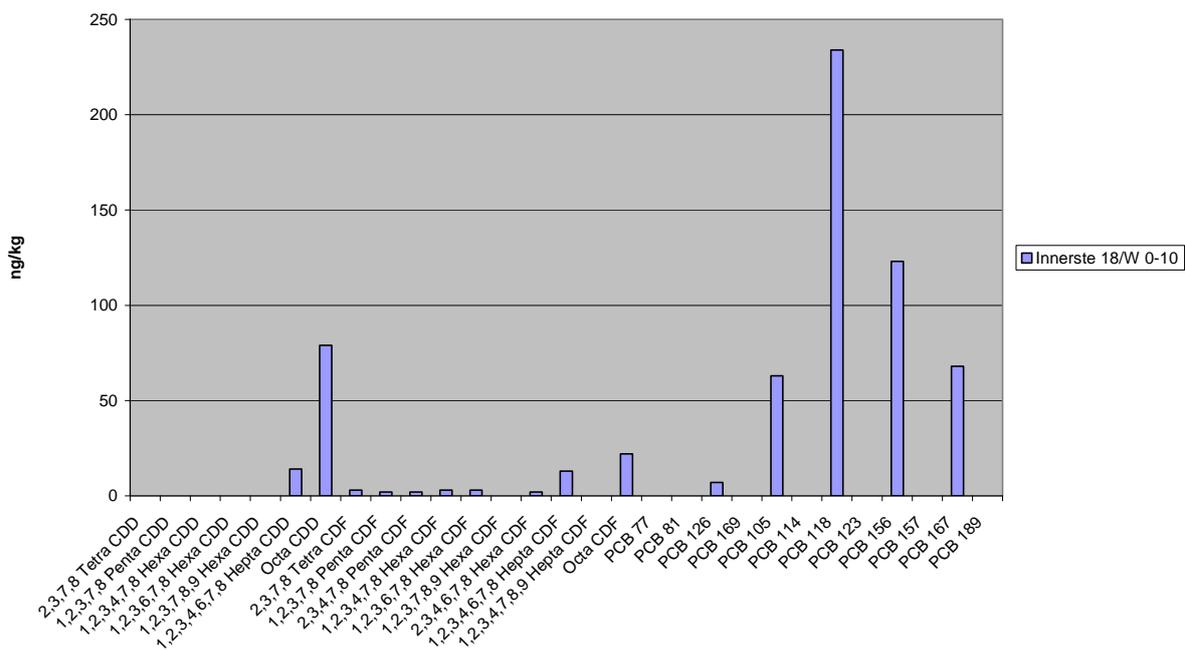
Boden LBEG



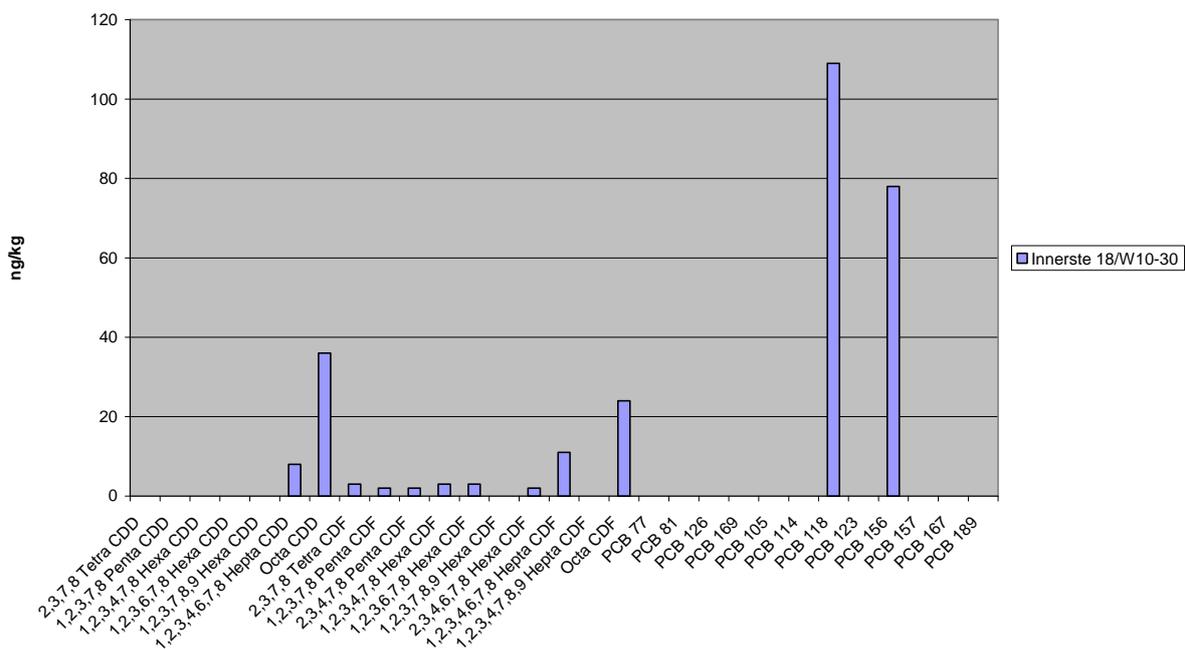
Boden LBEG



Boden LBEG

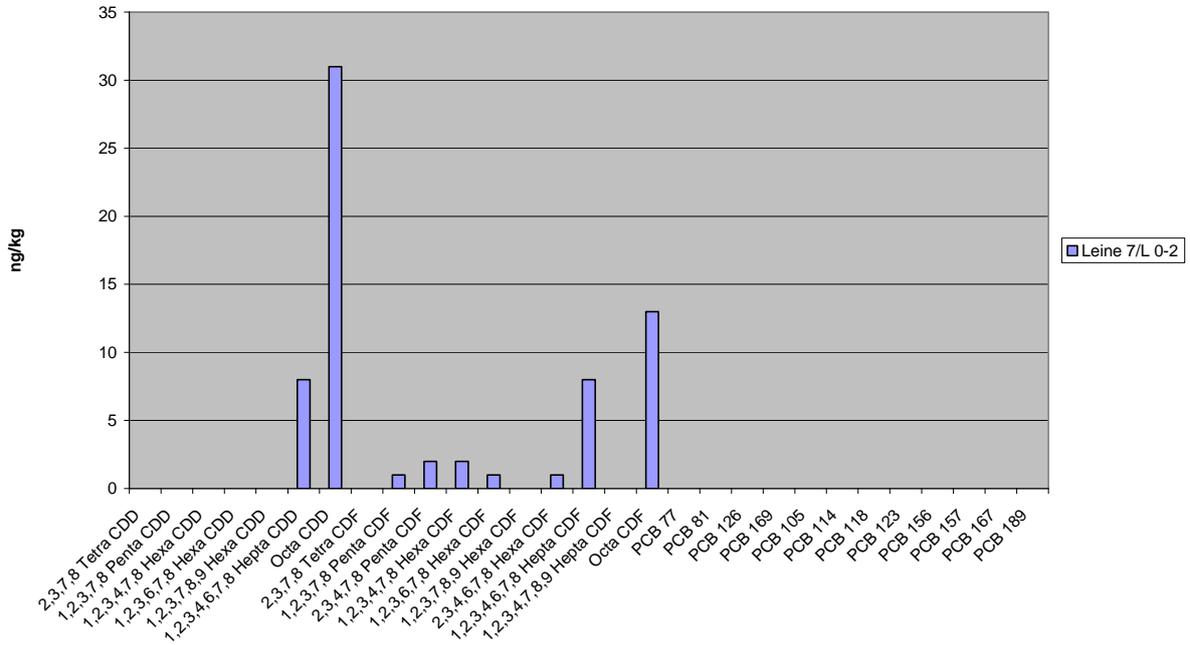


Boden LBEG

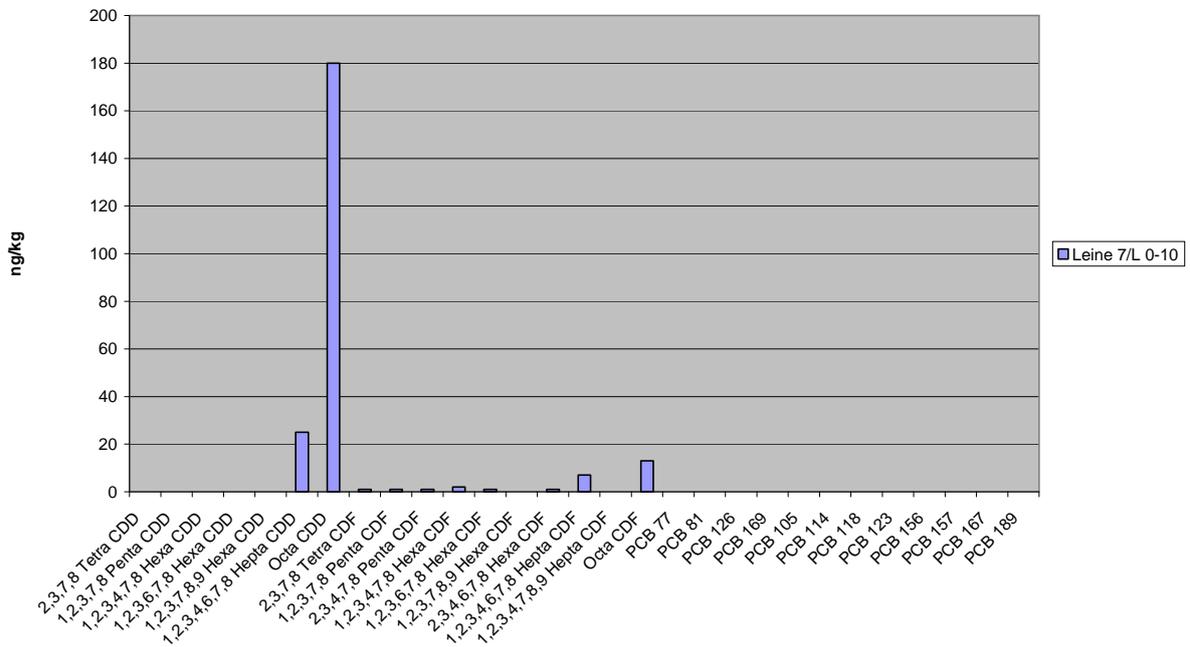


Gesamtschau der an der Leine ermittelten Kongenerenmuster

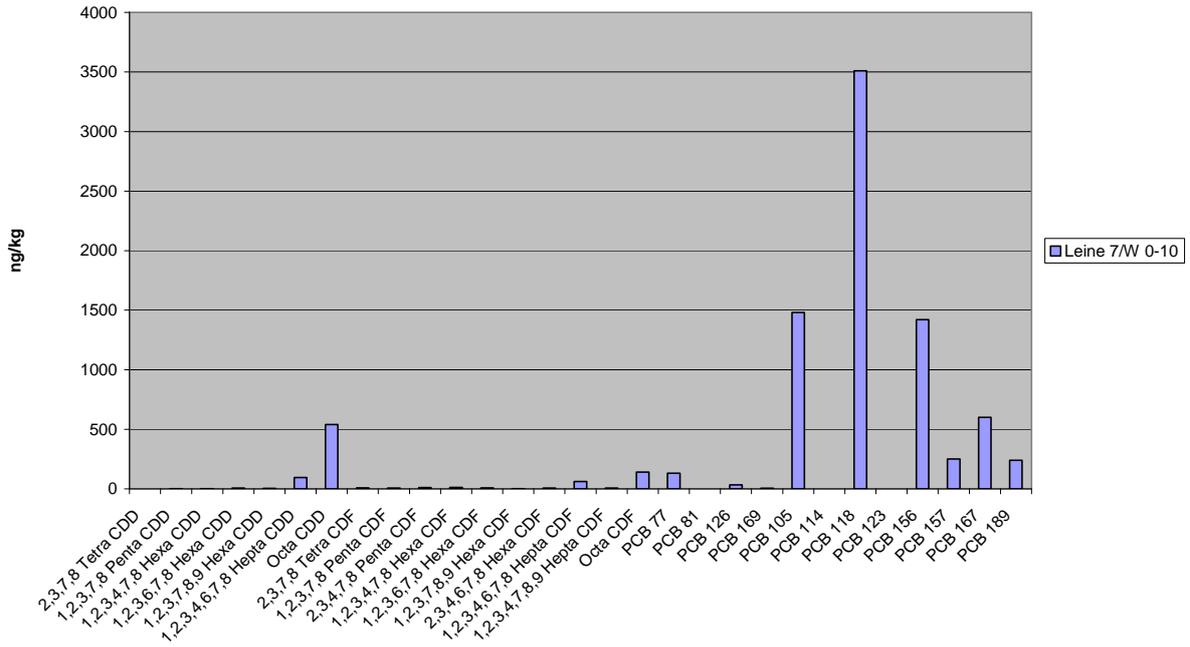
Boden LBEG



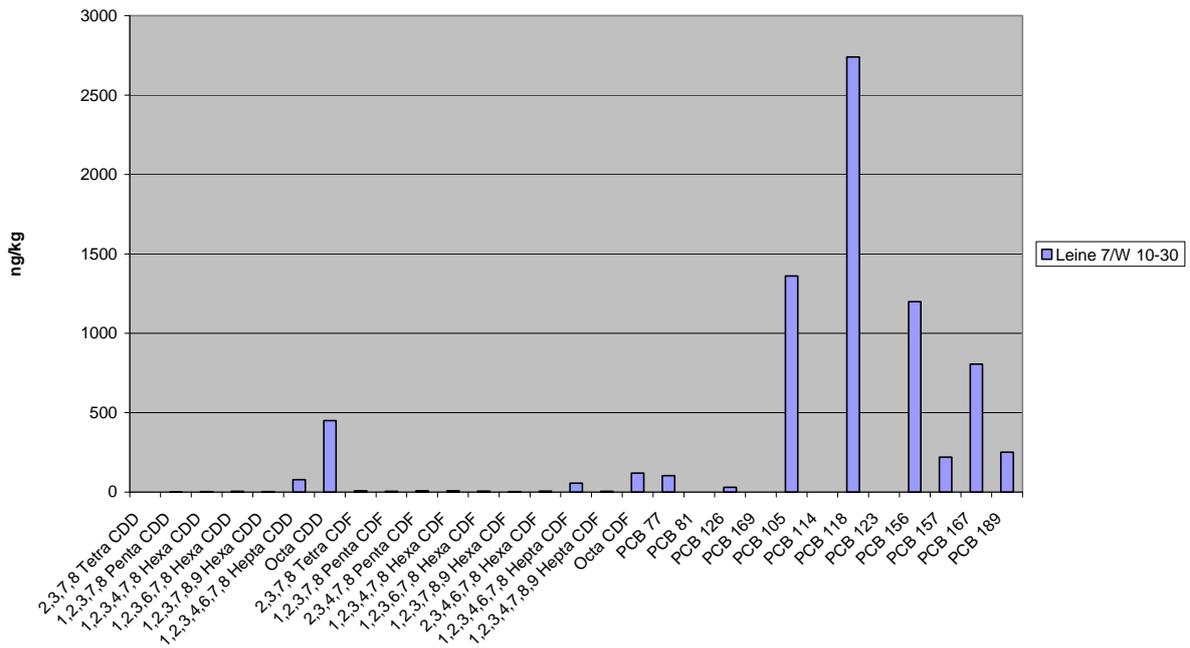
Boden LBEG



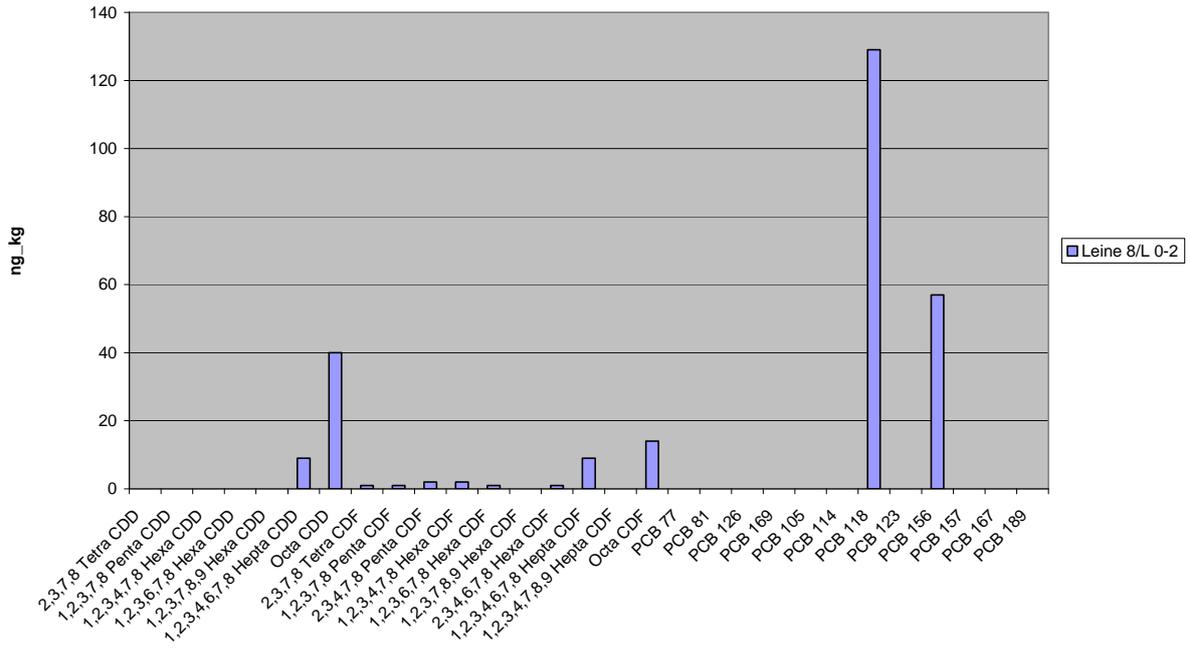
Boden LBEG



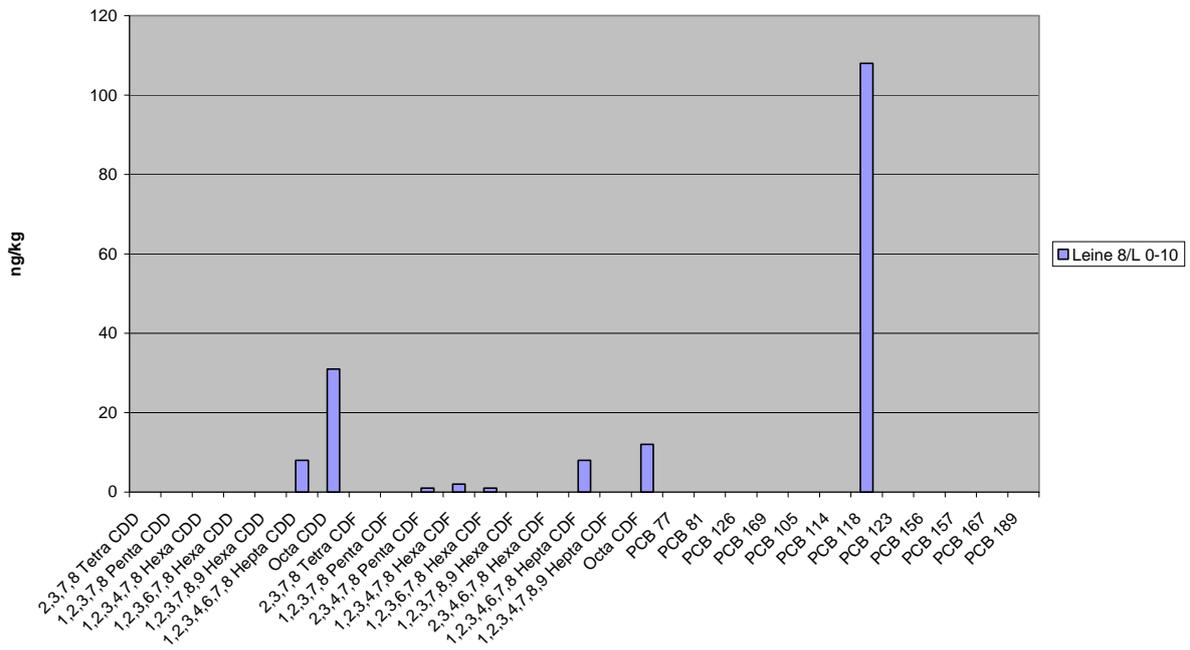
Boden LBEG



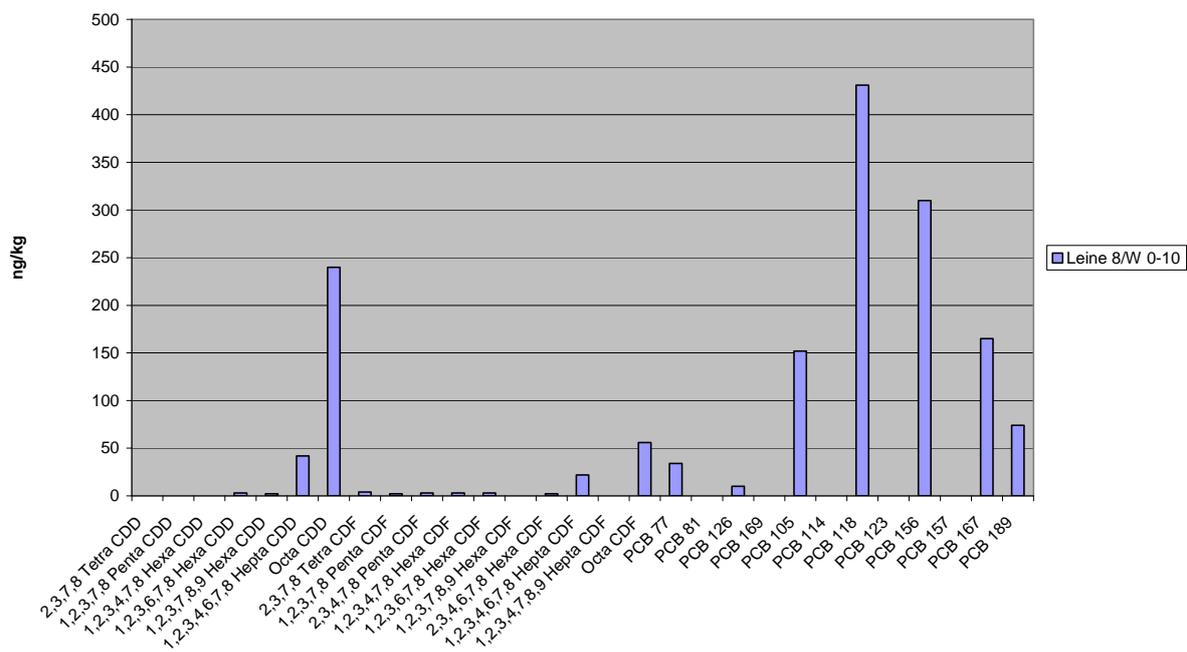
Boden LBEG



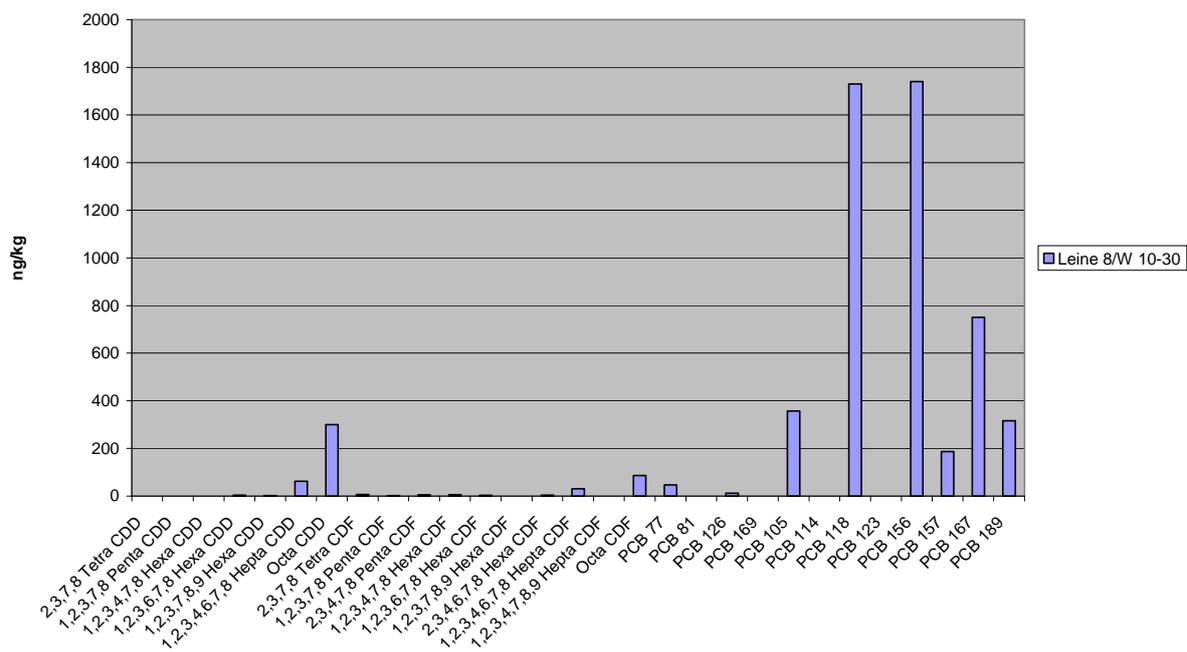
Boden LBEG



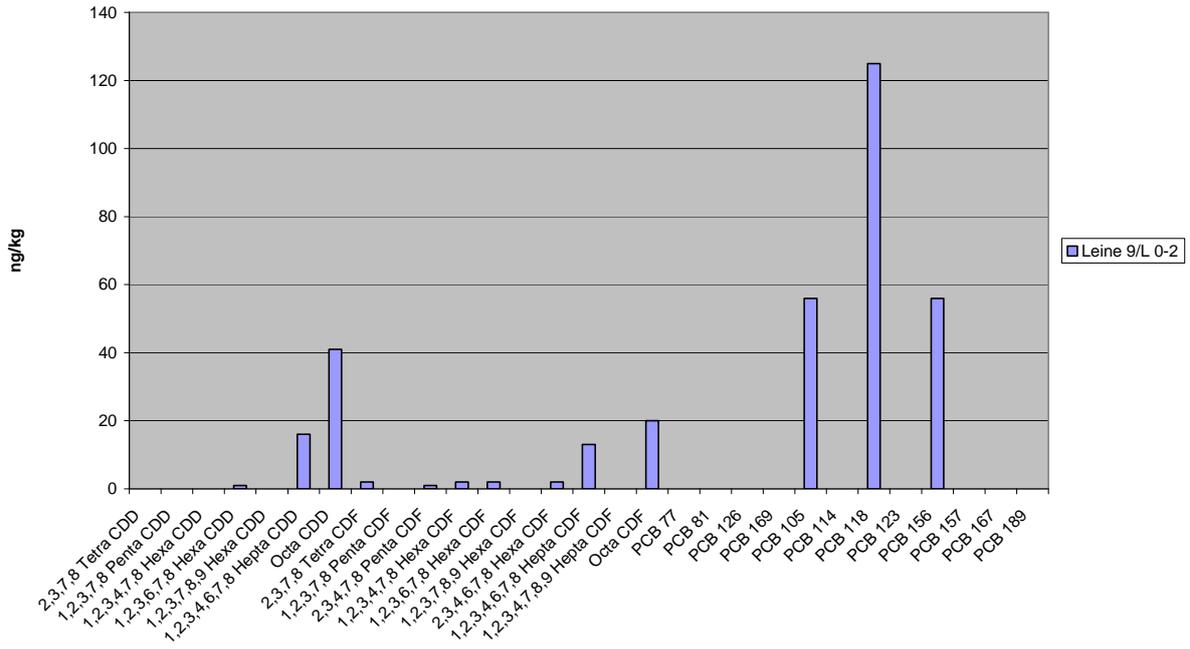
Boden LBEG



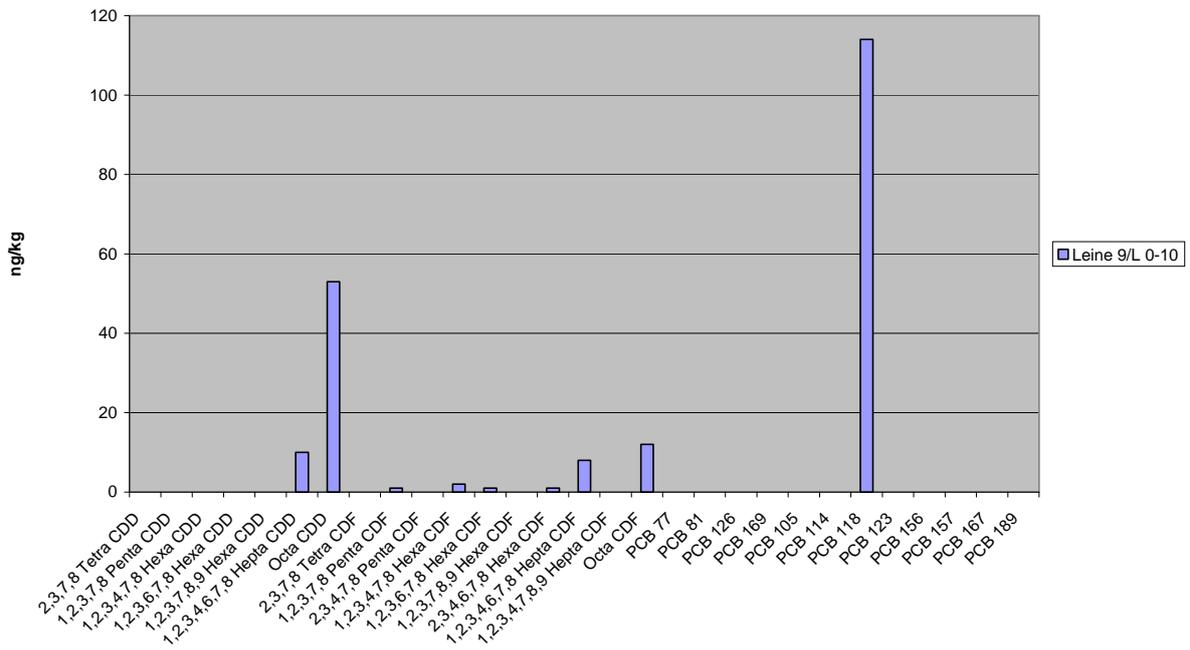
Boden LBEG



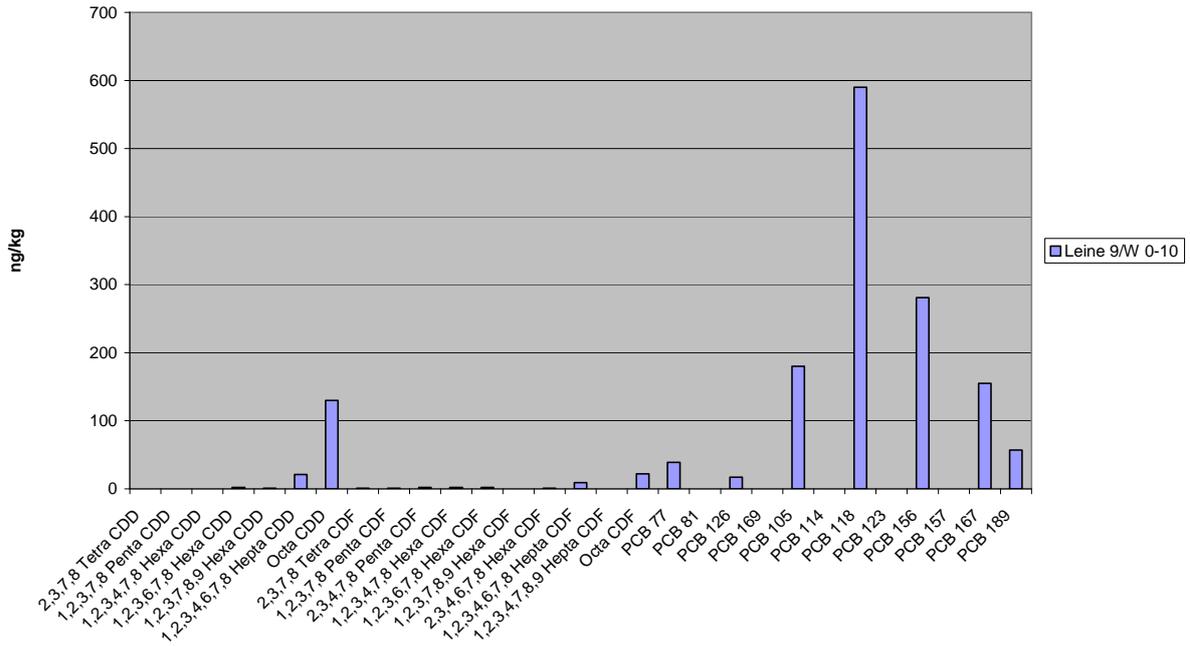
Boden_LBEG



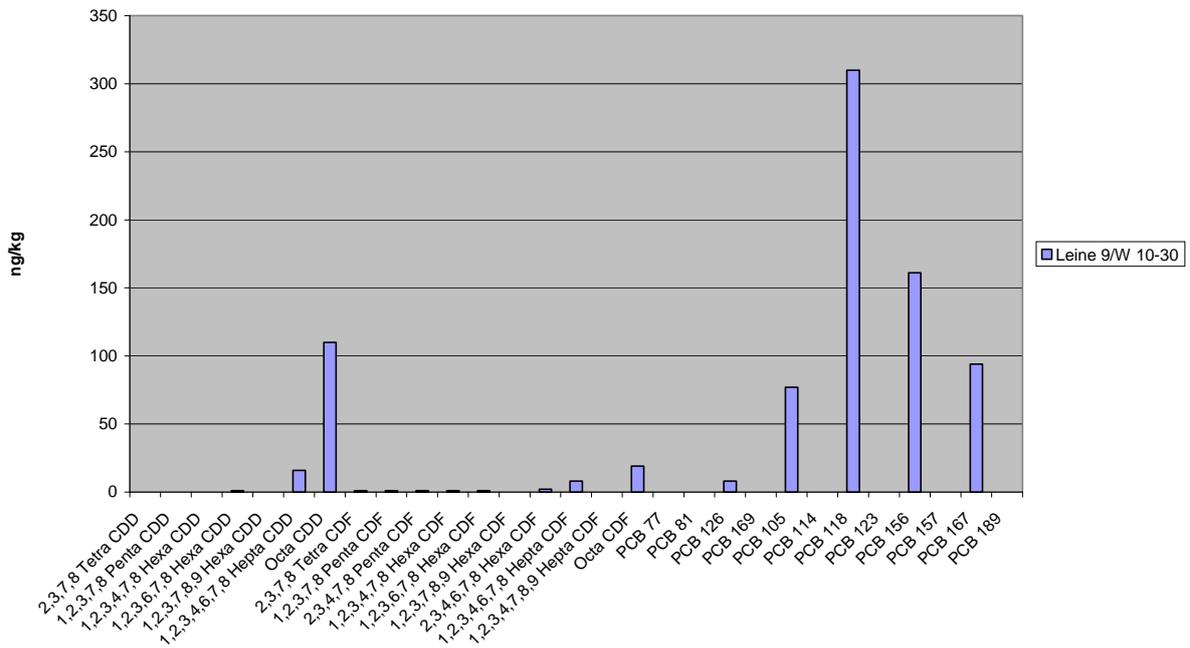
Boden LBEG



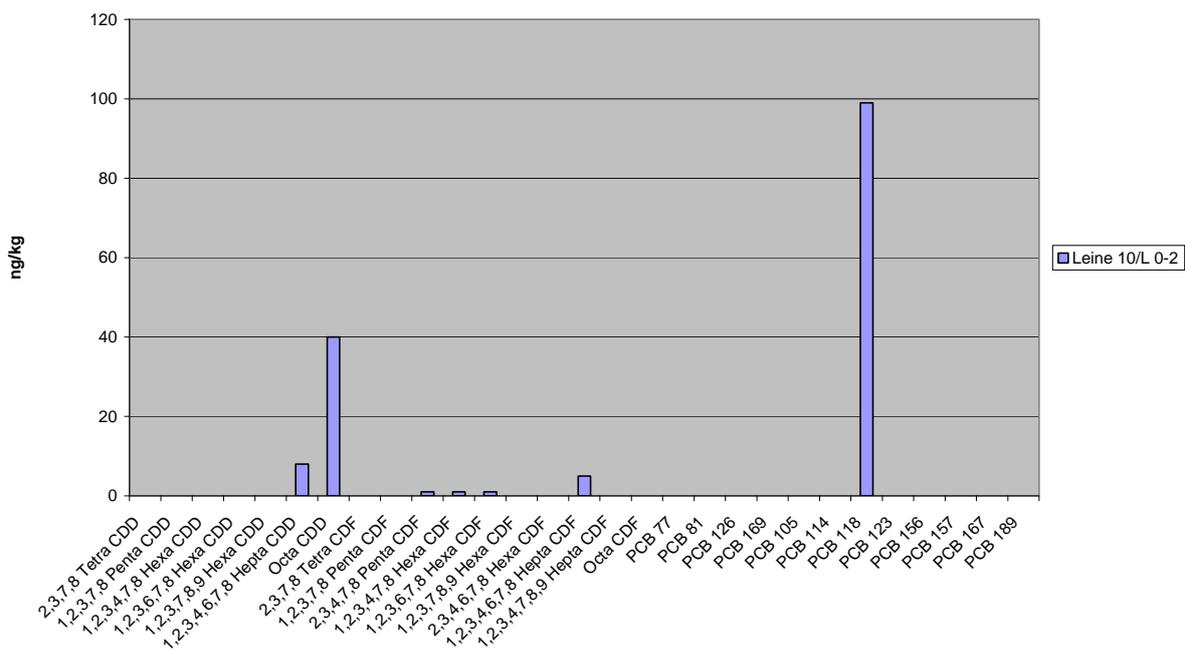
Boden LBEG



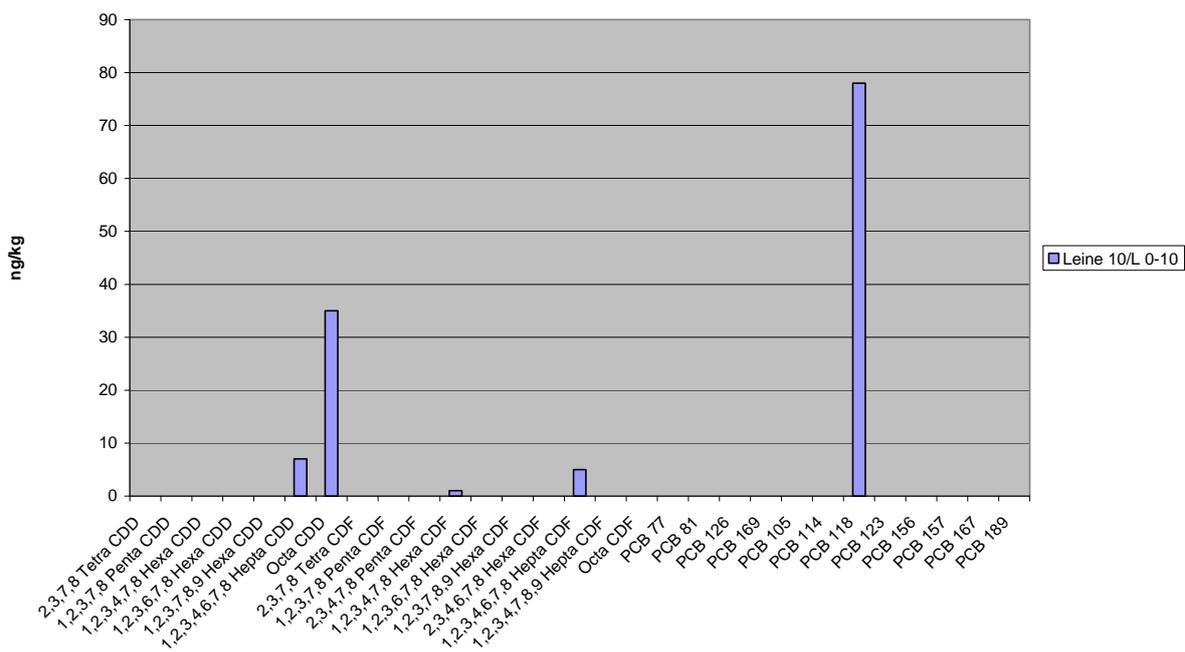
Boden LBEG



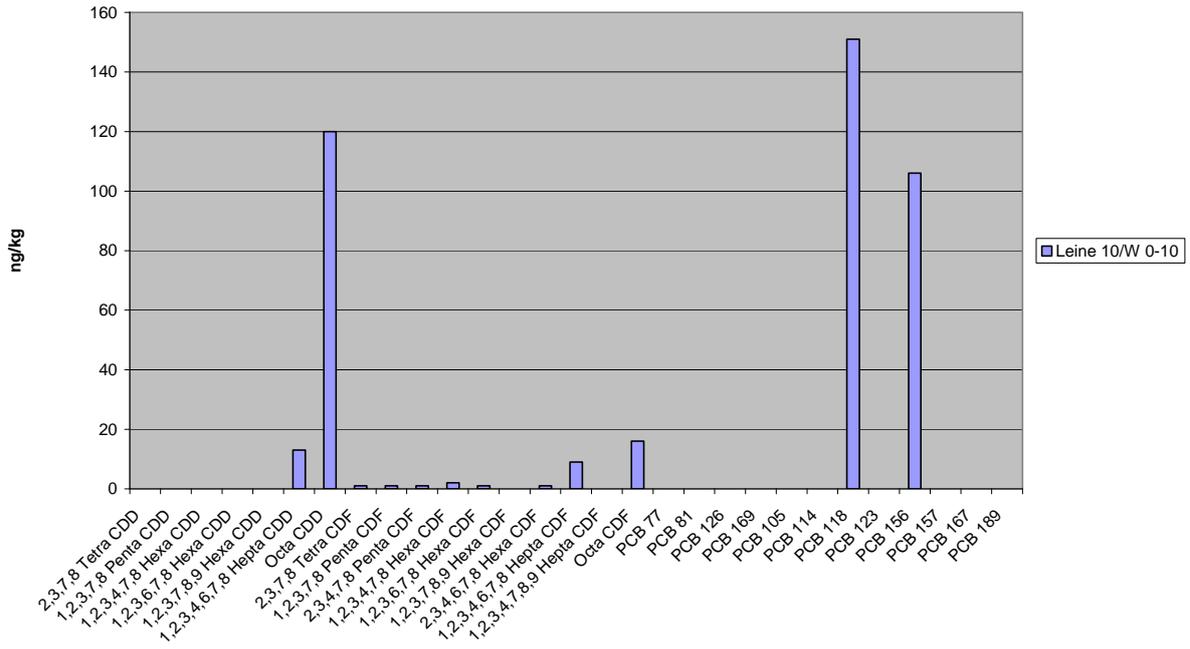
Boden LBEG



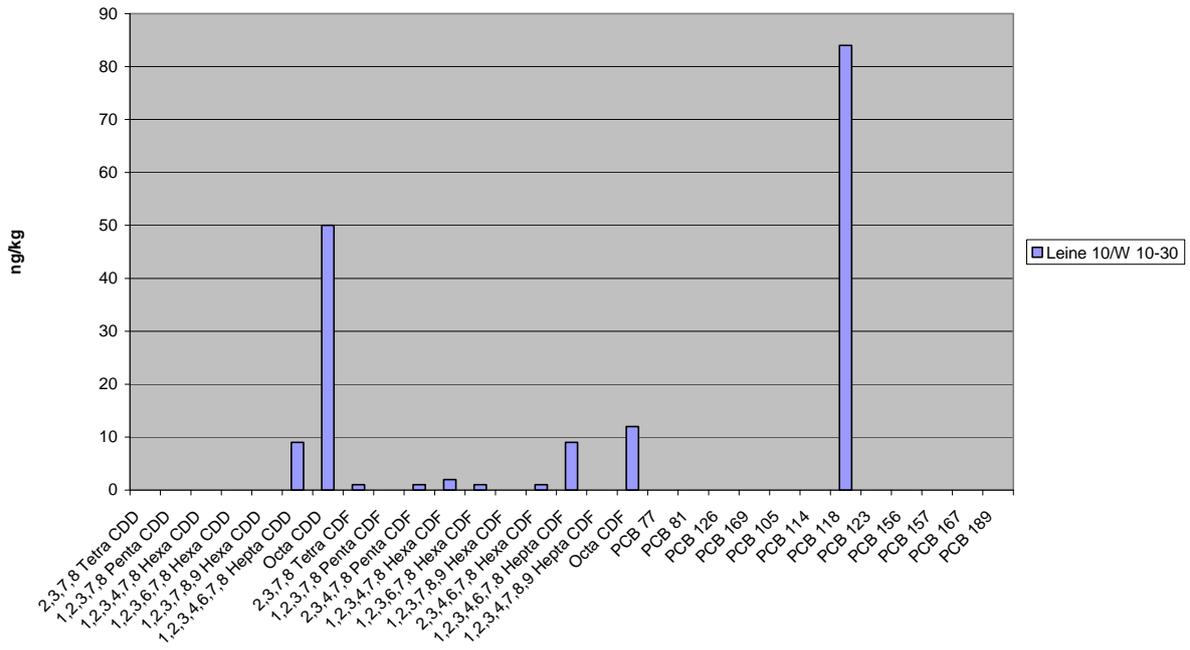
Boden LBEG



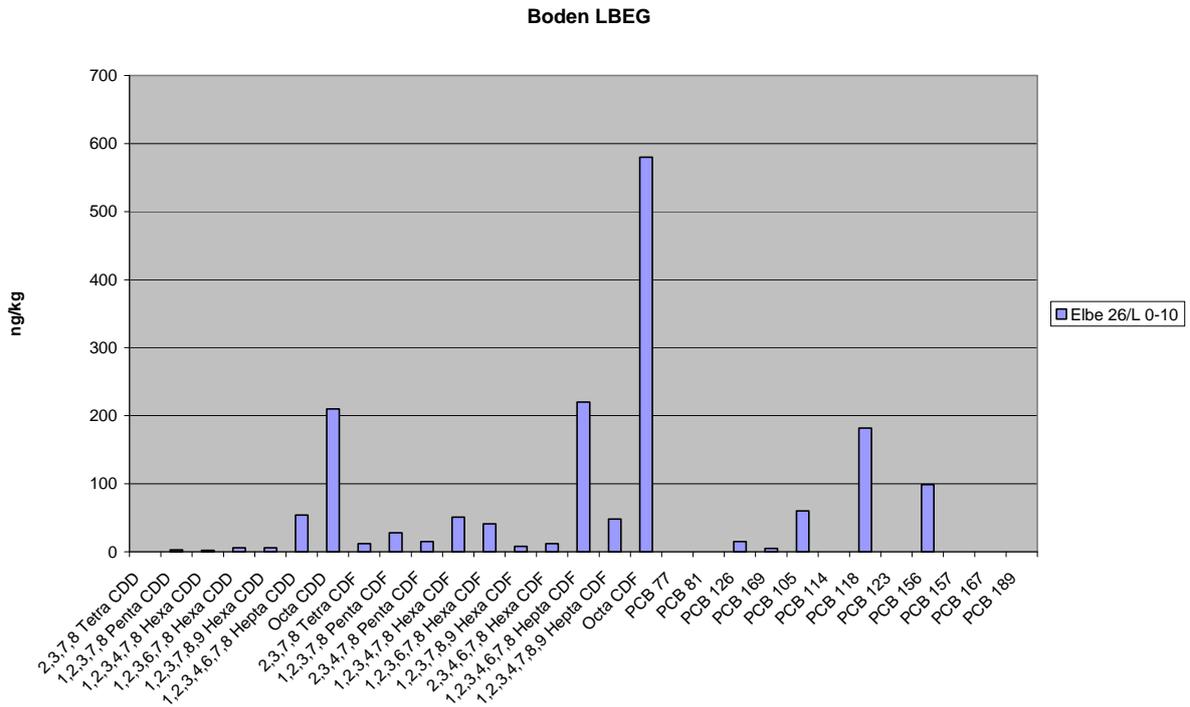
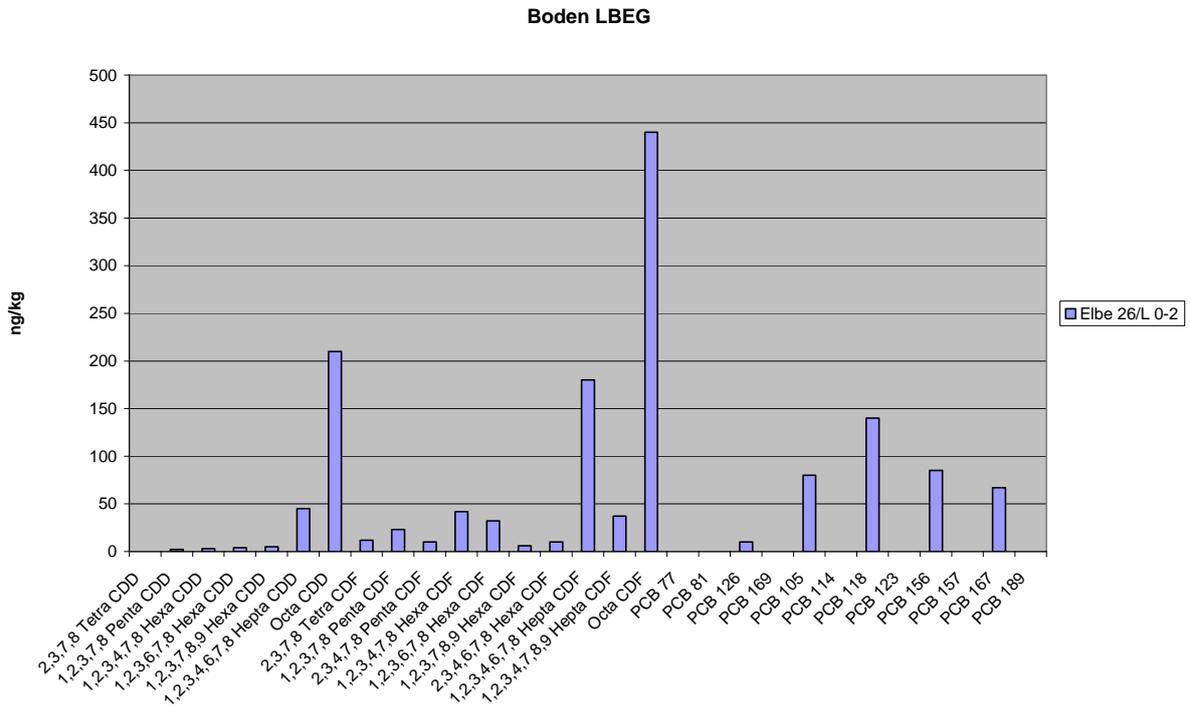
Boden LBEG



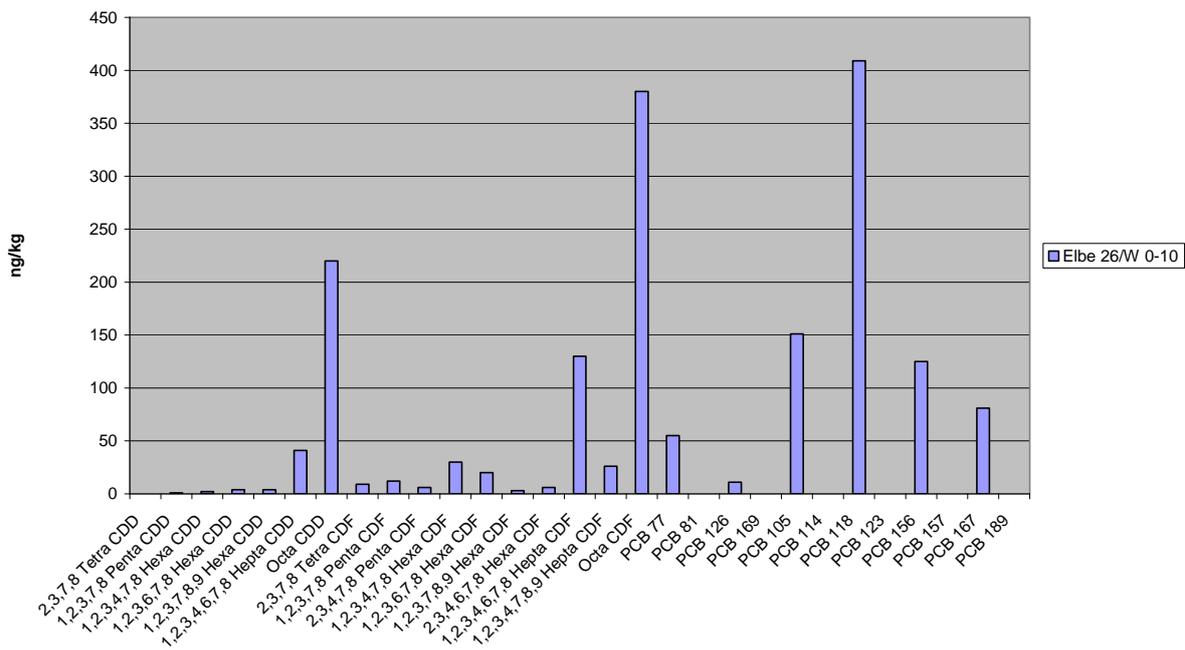
Boden LBEG



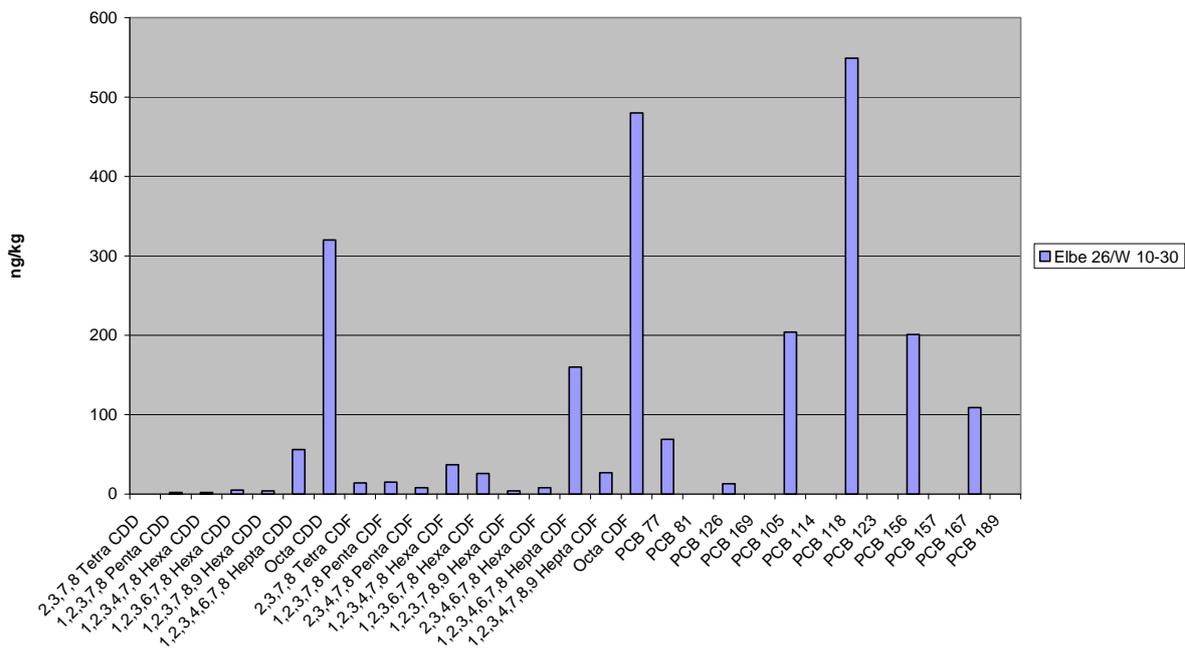
Gesamtschau der an der Elbe ermittelten Kongenerenmuster



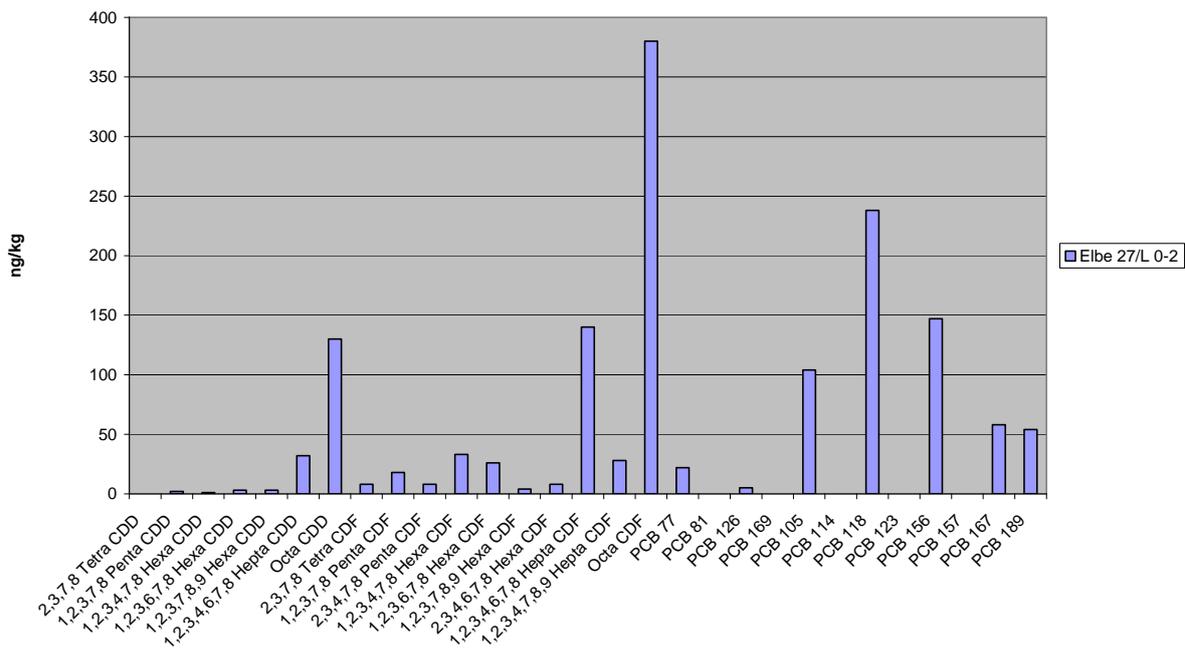
Boden LBEG



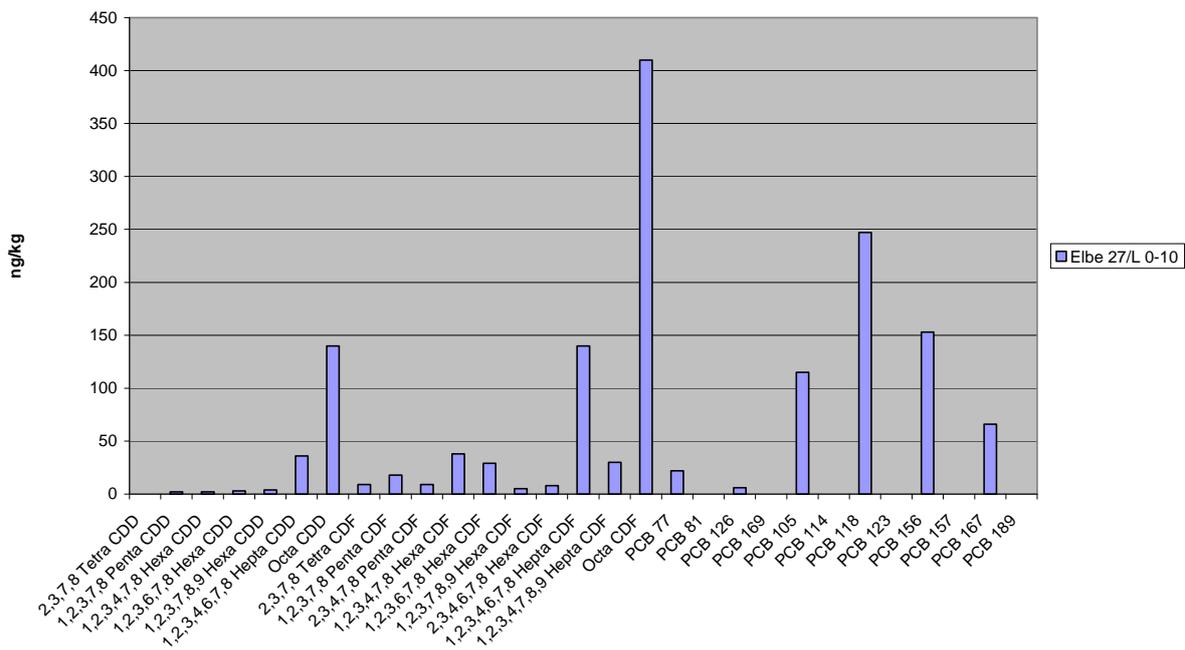
Boden LBEG



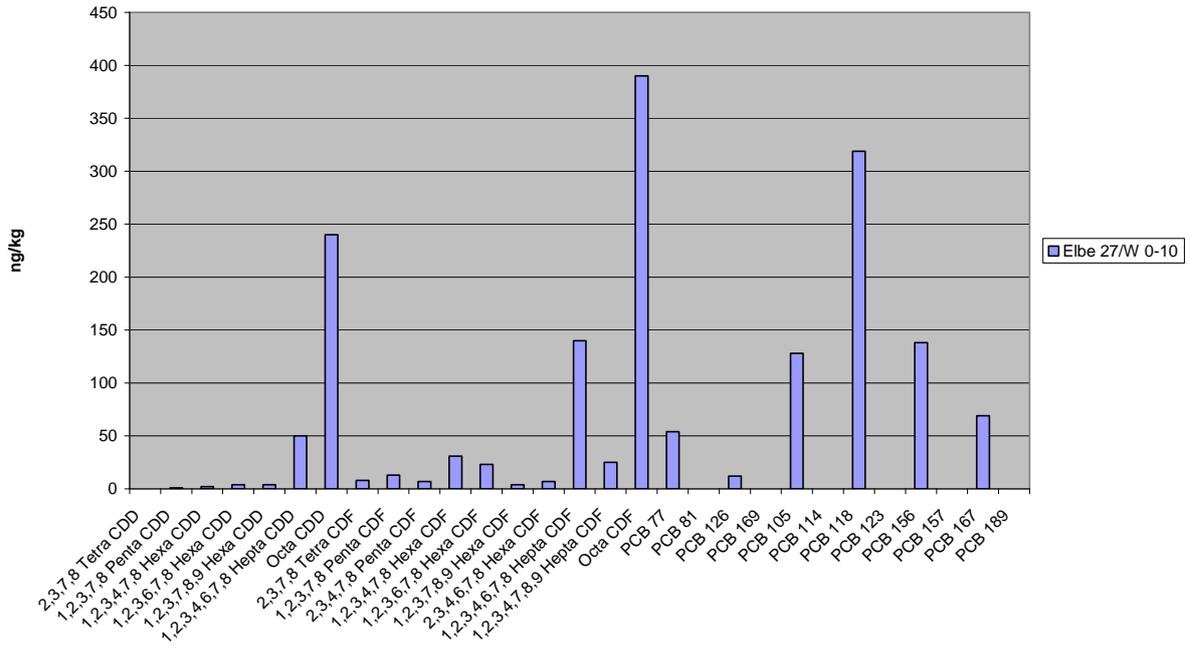
Boden LBEG



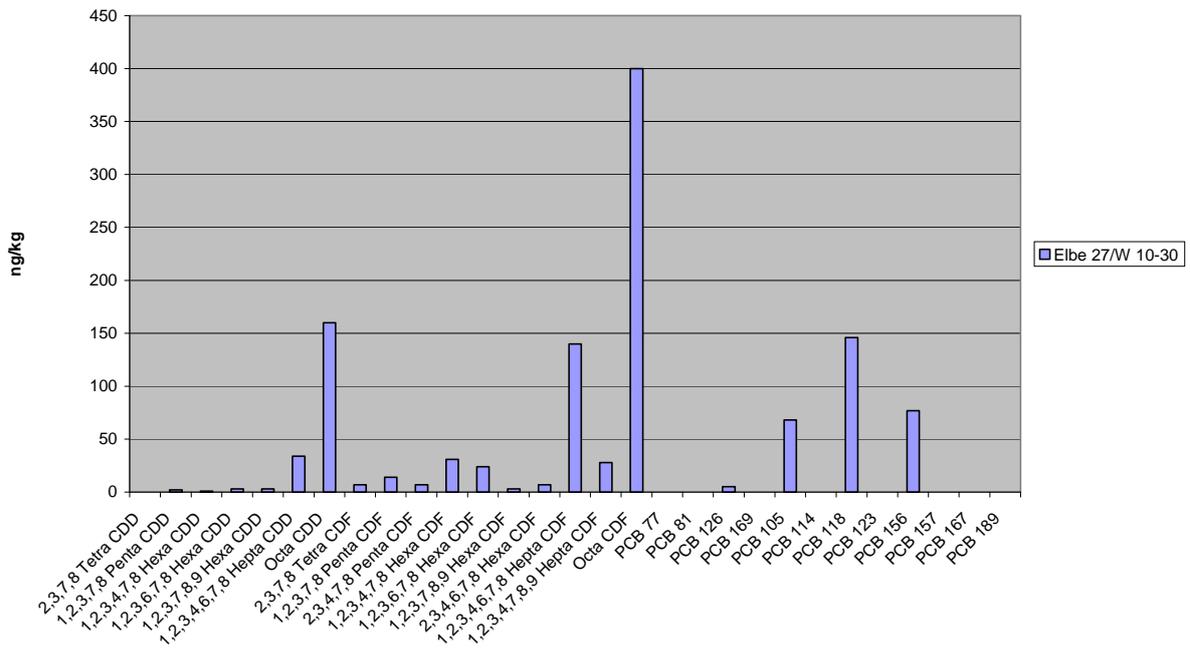
Boden LBEG



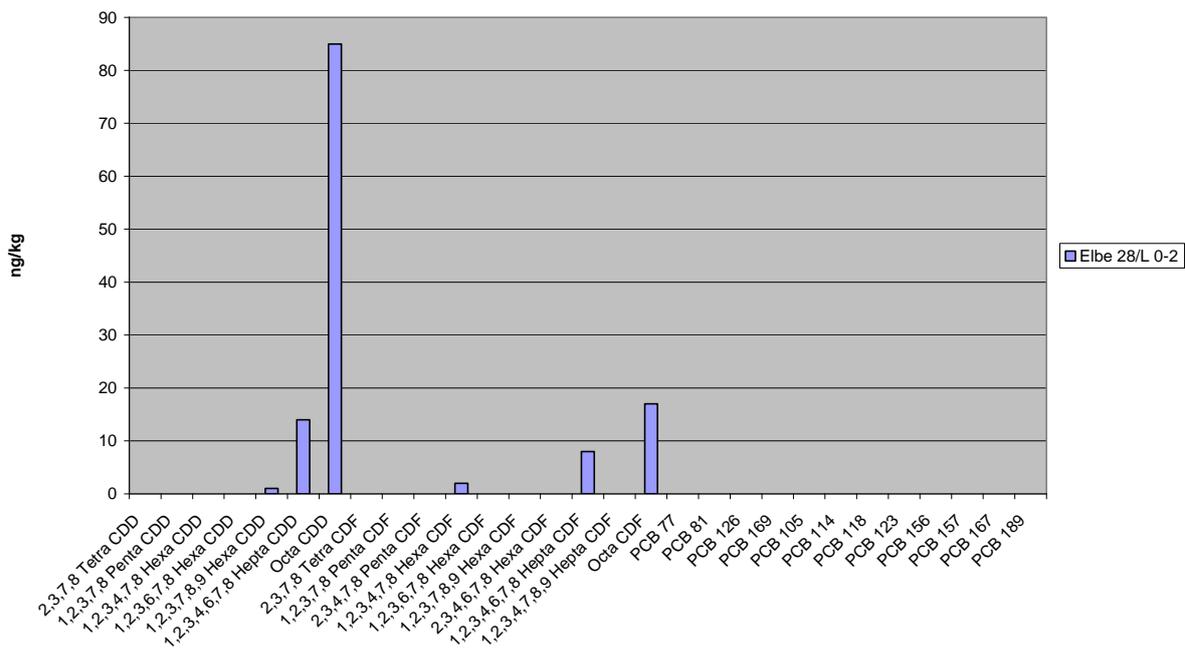
Boden LBEG



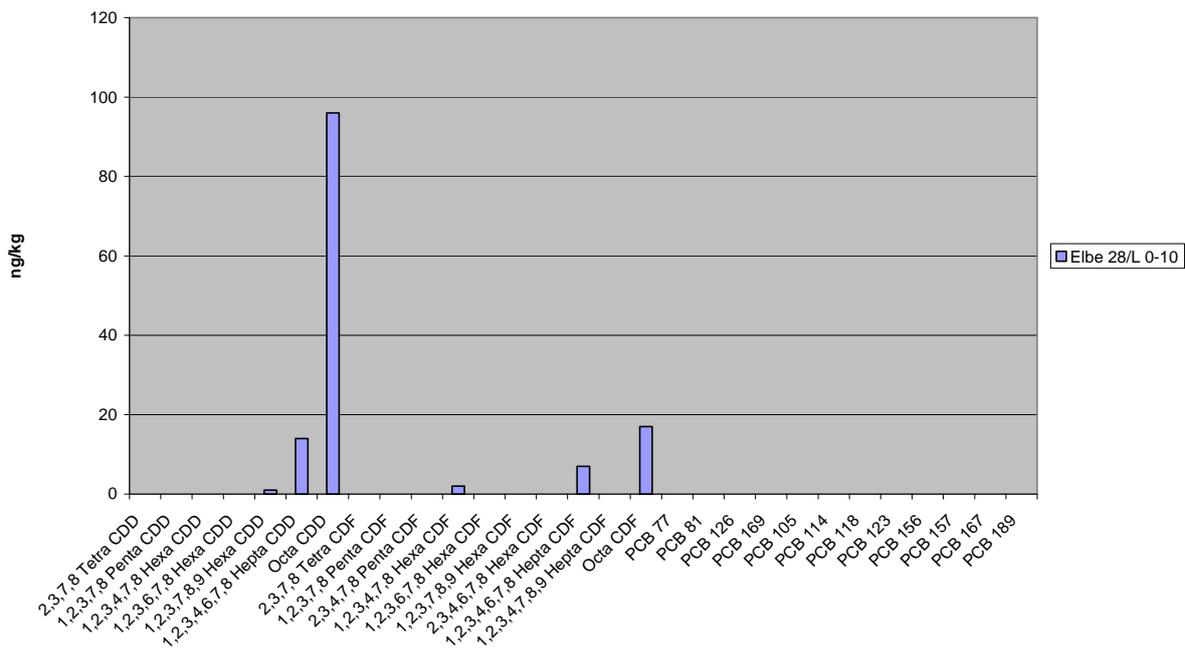
Boden LBEG



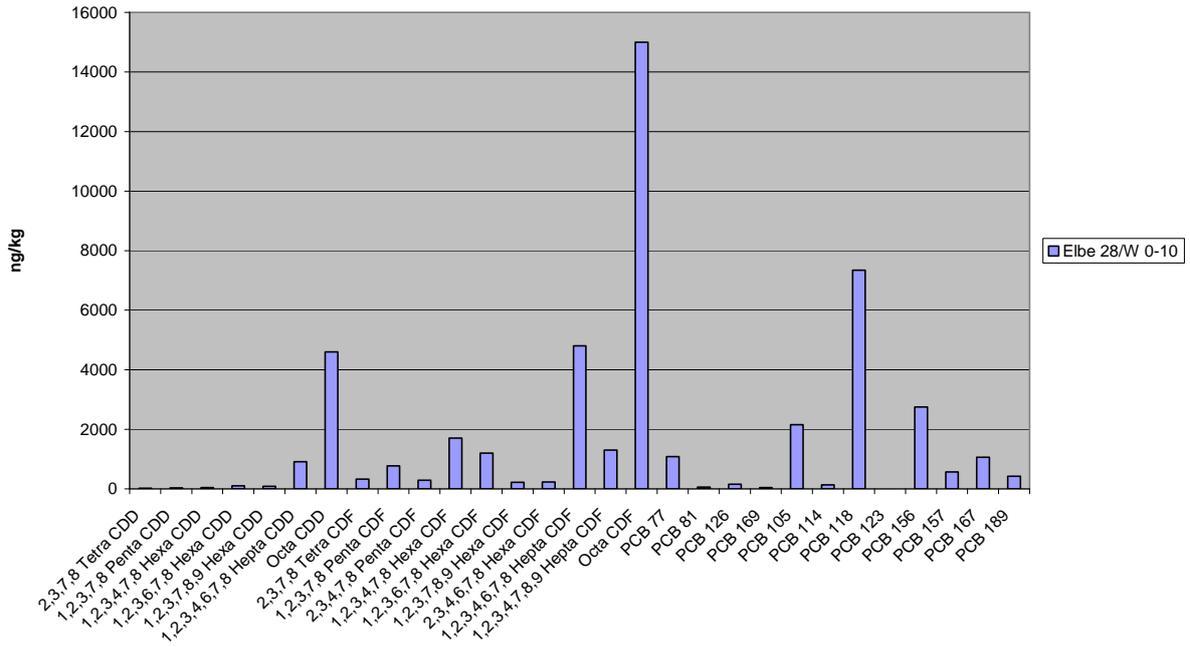
Boden LBEG



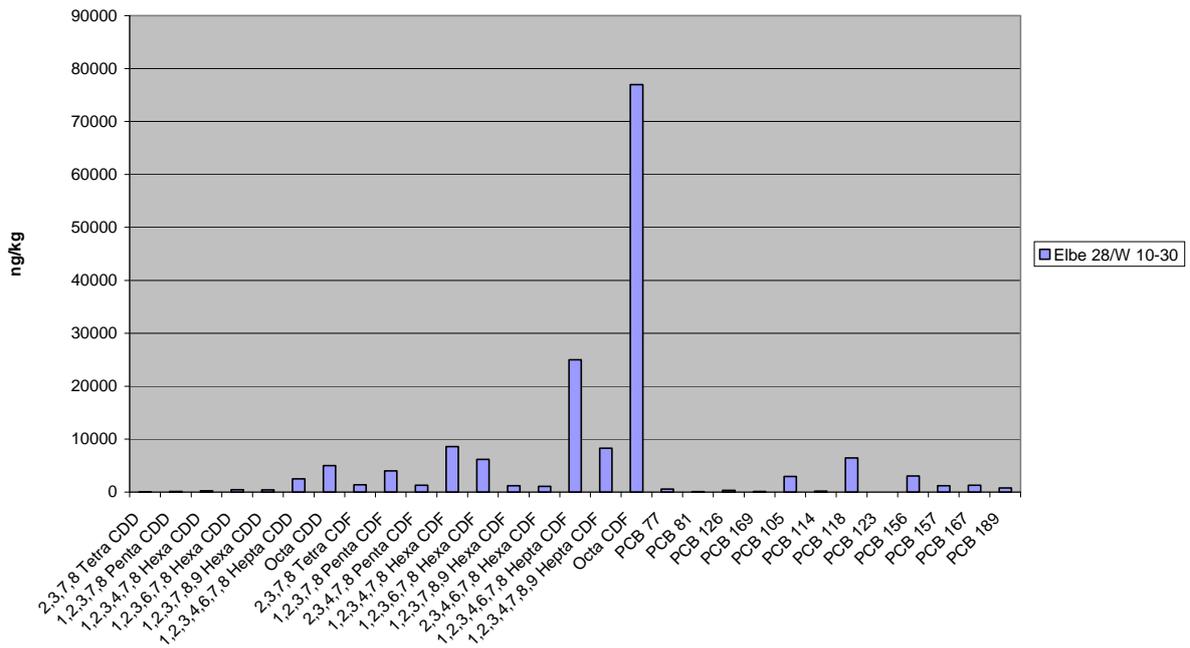
Boden LBEG



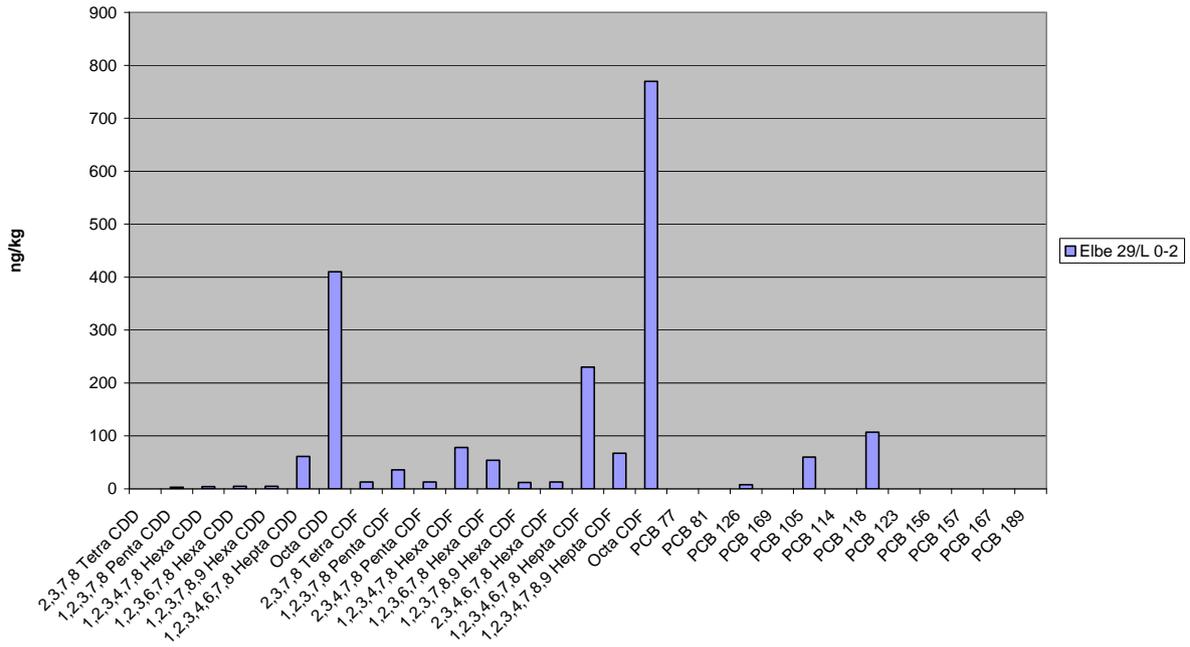
Boden LBEG



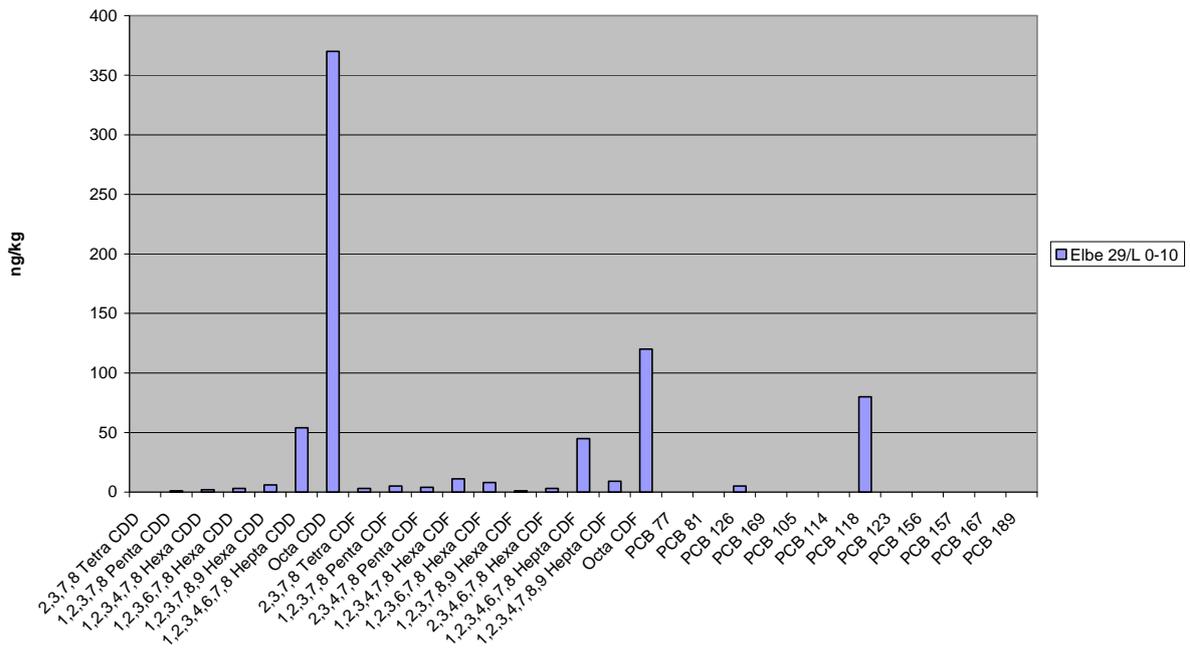
Boden LBEG



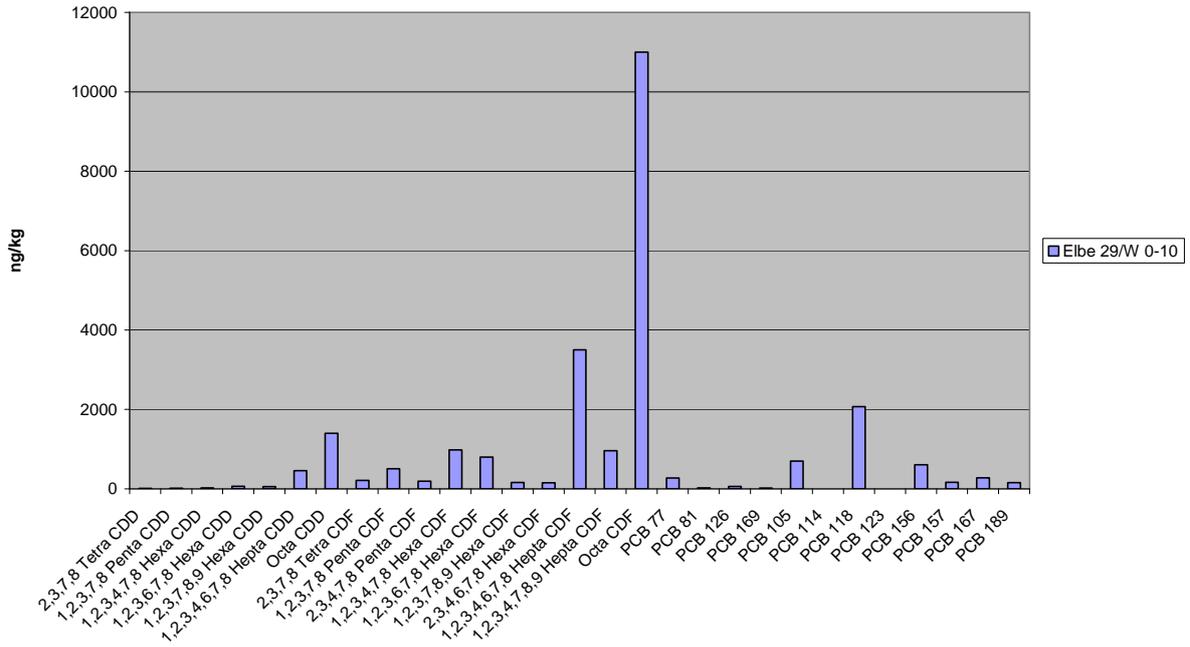
Boden LBEG



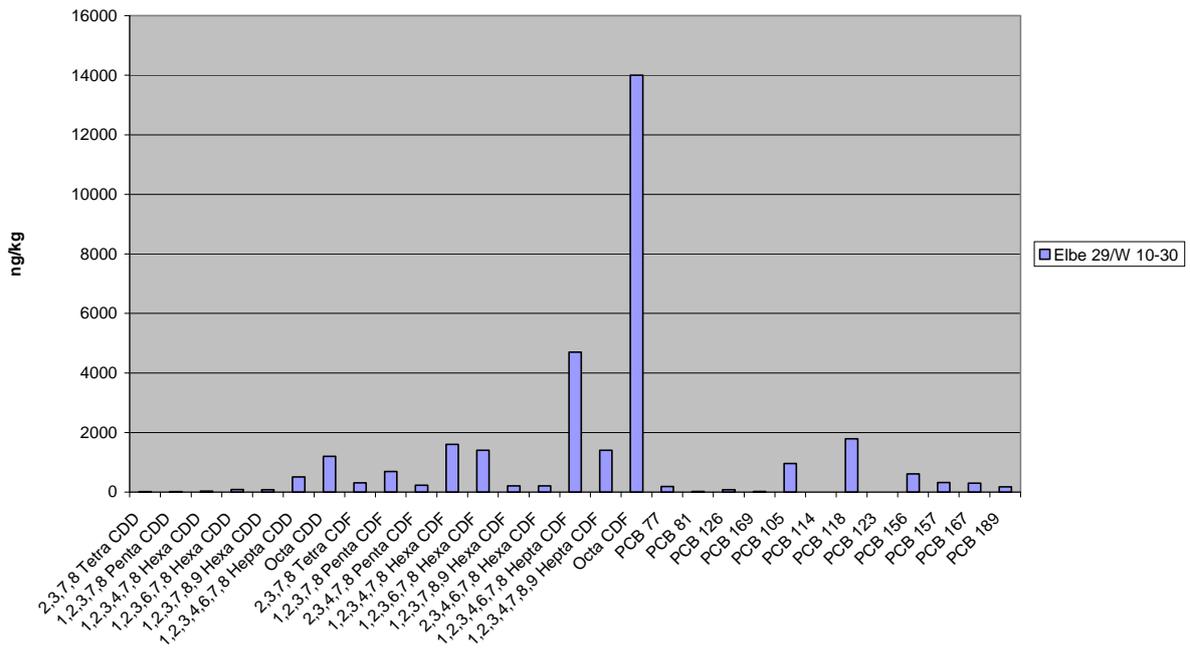
Boden LBEG



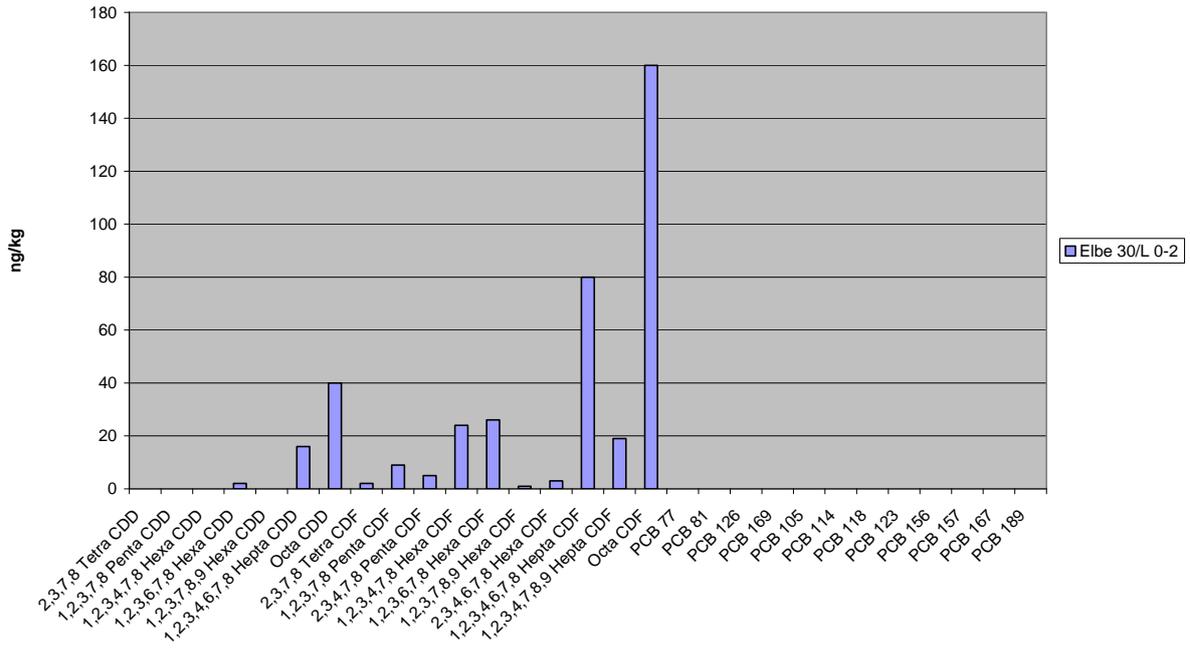
Boden LBEG



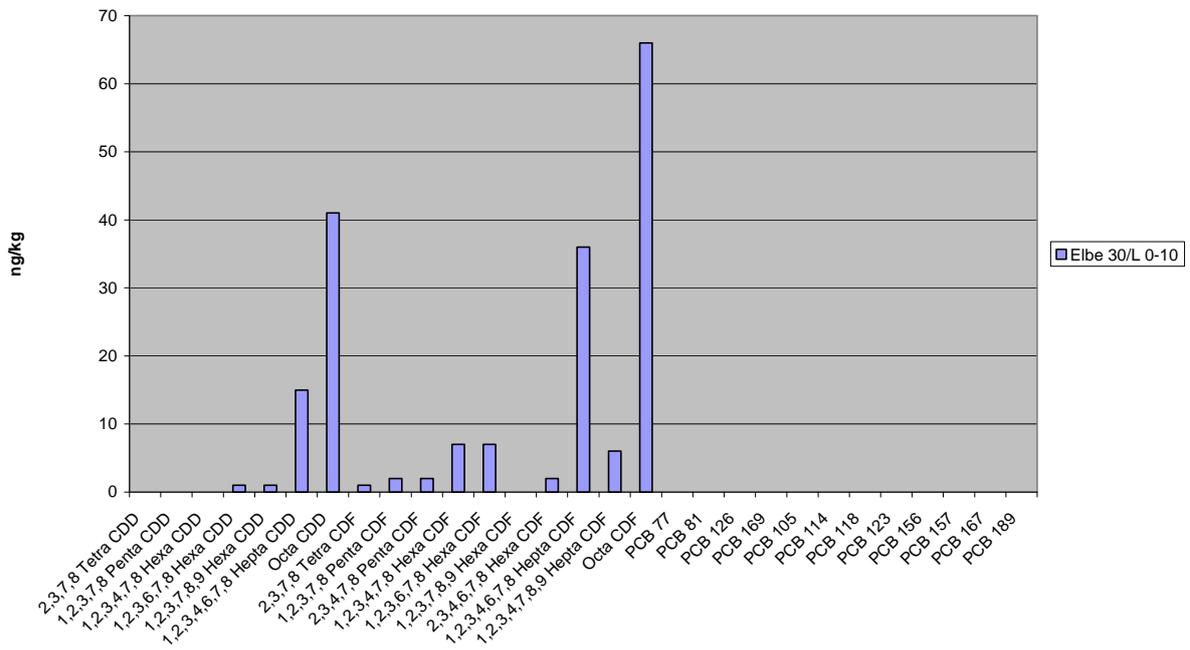
Boden LBEG



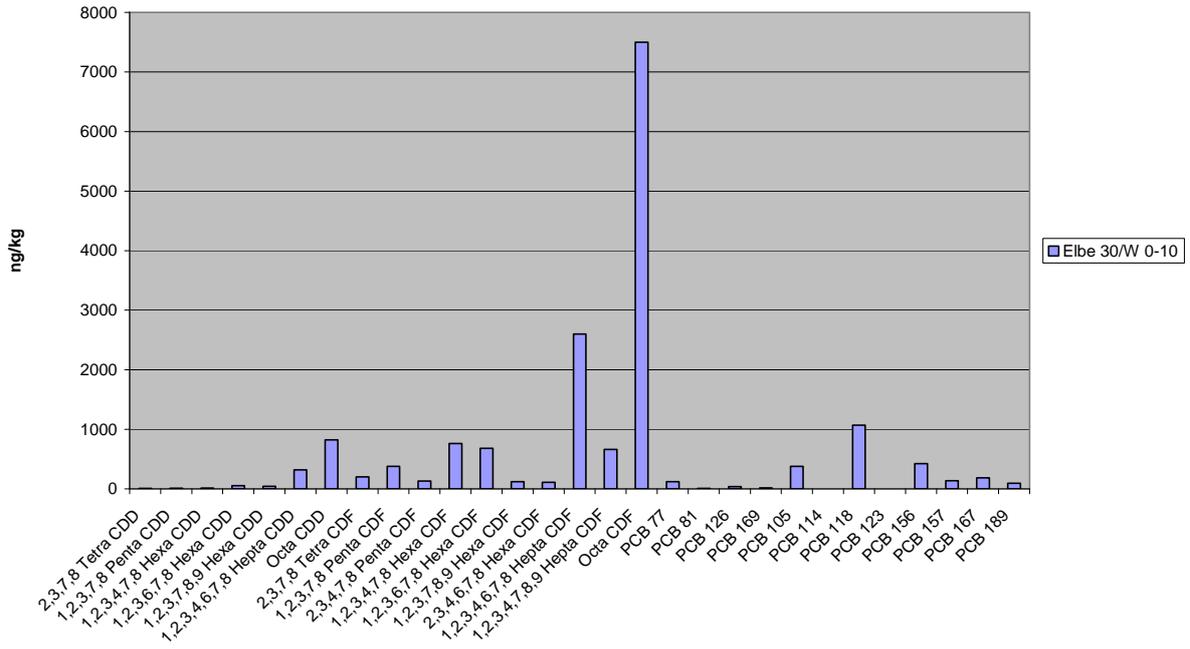
Boden LBEG



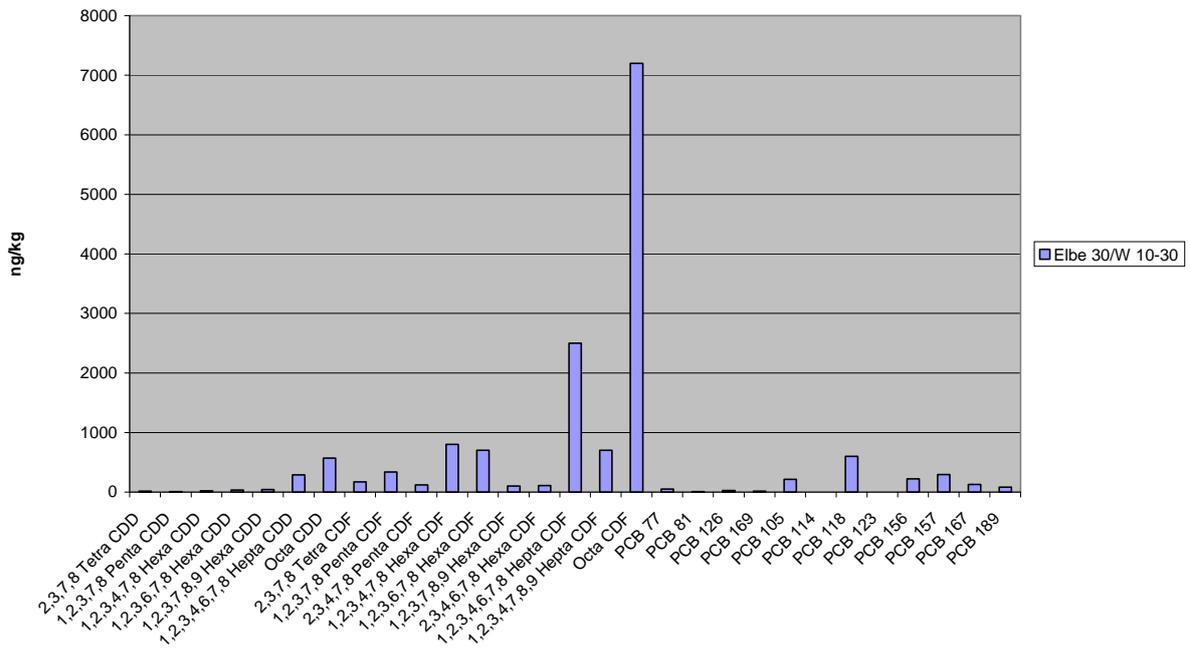
Boden LBEG



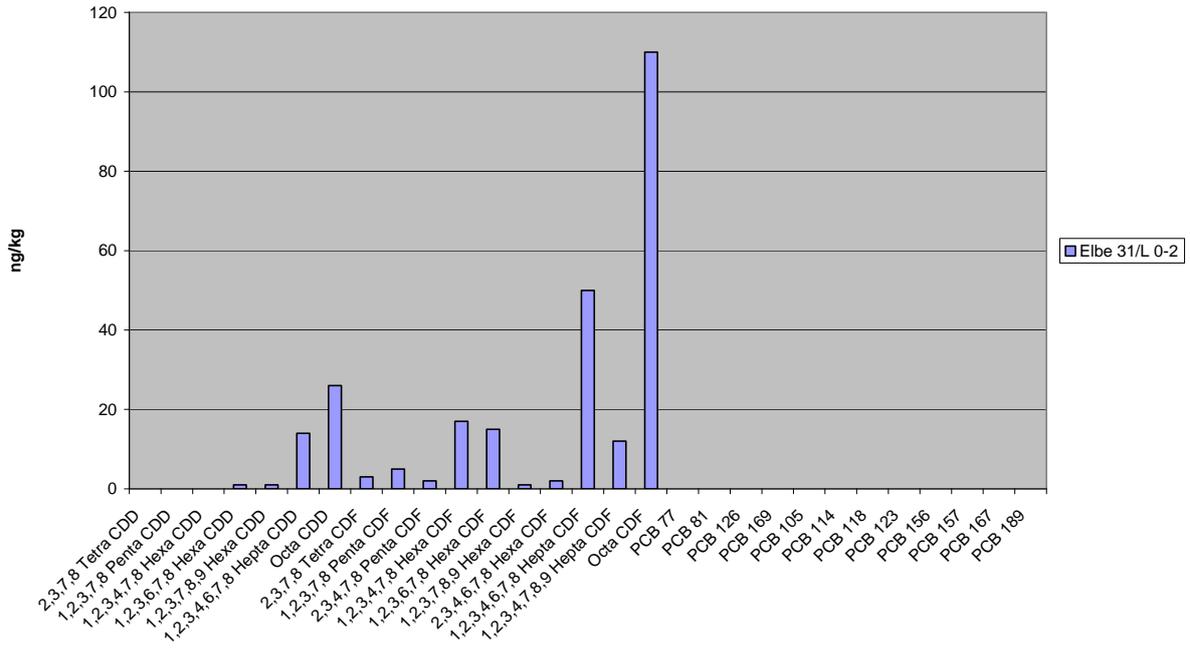
Boden LBEG



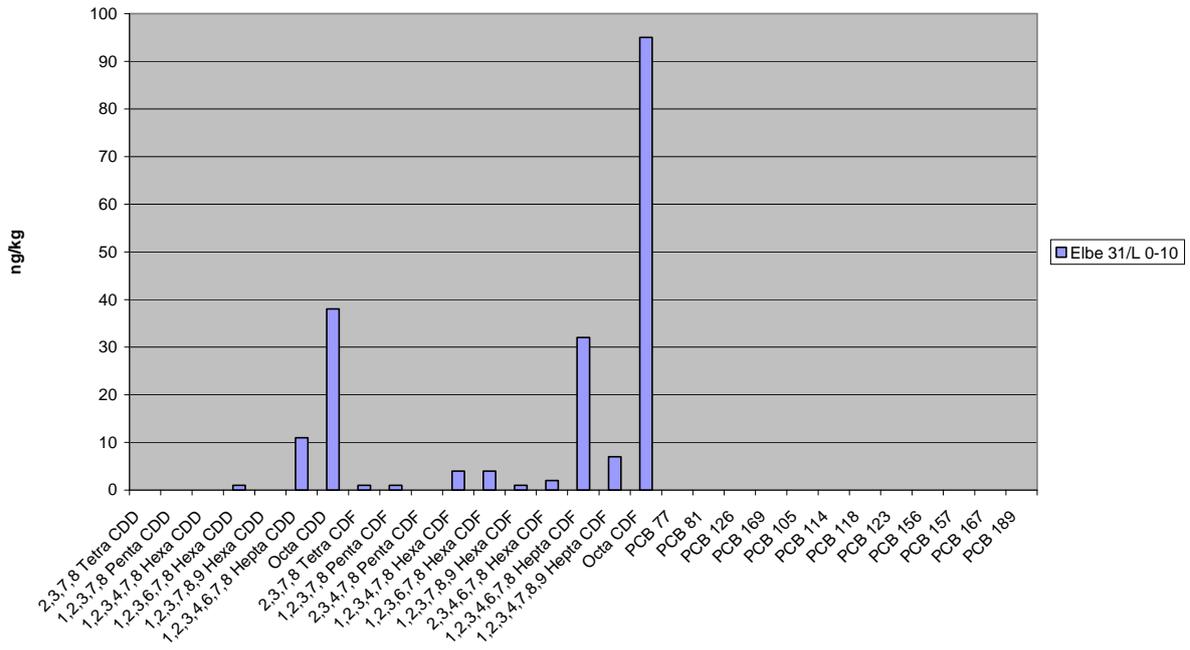
Boden LBEG



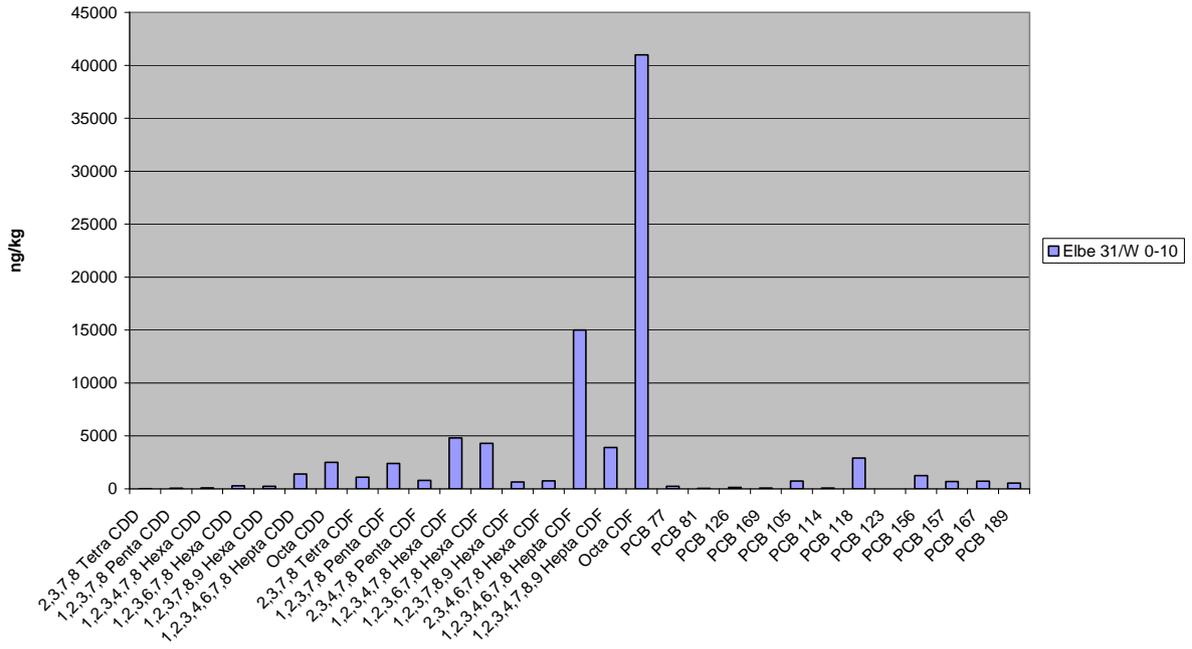
Boden LBEG



Boden LBEG



Boden LBEG



Boden LBEG

