

## بررسی بقایای آفت‌کش‌های آلی پایدار در رسوبات تالاب بین‌المللی انزلی، ایران

اسلام جاودان‌خرد<sup>۱\*</sup>، عباس اسماعیلی ساری<sup>۲</sup>، نادر بهرامی‌فر<sup>۳</sup>

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور  
abbasesmailisari@yahoo.com  
۲-استاد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور  
nbahramifar@yahoo.com  
۳-استادیار، گروه شیمی، دانشگاه پیام نور، واحد ساری  
تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۱۴

### چکیده

تالاب انزلی یکی از بوم سازگان مهم آبی در ایران است که در جنوب دریای خزر قرار دارد و زیستگاه ماهیان، آبزیان و پرندگان با ارزشی است که از ابعاد اکولوژیک و اقتصادی درخور توجهند. یکی از آلاینده‌های موجود در این تالاب ترکیبات آلی پایدار هستند، این سموم با گسترش وسیع در محیط زیست به عنوان یکی از مشکلات آلودگی جهانی شناخته می‌شوند که به علت حلالیت بالا در چربی و پایداریشان در محیط زیست می‌توانند در بدن موجودات زنده تجمع یابند و از طریق زنجیره غذایی انتقال پیدا کنند. در این مطالعه یک گروه مهم از این ترکیبات شامل آفت‌کش‌های آلی کلره (OCPs) در زمستان ۱۳۸۶ و بهار ۸۷ در رسوبات تالاب انزلی شدند. غلظت ترکیبات هگزاکلروسیکلوهگزان، سیکلودین‌ها، ترکیبات ددت و هگزاکلروبنزن به ترتیب در زمستان، ۱/۱۷-۴/۲۱، ۵/۰۸-۵/۰۸ ng/g dw، nd، ۱/۴۳-۸/۵۱ ng/g dw، ۰/۳۵-۰/۰۶ و در بهار ۱/۰۸-۴/۷۸ ng/g dw، ۱/۲۷-۵/۹۷، ۲/۱۵-۹/۹۲، ۰/۰۶-۰/۳۸ ng/g dw است. غالب‌ترین ایزومرهای ترکیبات هگزاکلروسیکلوهگزان، سیکلودین‌ها و ترکیبات ددت در نمونه‌های زمستان بترتیب HCH-β، اندوسولفان و p,p'-DDE با میانگین غلظت ۱۲ ng/g dw، ۰/۴۷-۲/۱۲ ng/g dw، nd-۱/۷ ng/g dw و در بهار هم HCH-α، اندوسولفان و p,p'-DDE با میانگین غلظت ۰/۴۴-۱/۹۶ ng/g dw، ۰/۴۴-۱/۹۶ ng/g dw، ۰/۴۴-۱/۹۶ ng/g dw بودند. در تمام نمونه‌های بهار غلظت‌های آفت‌کش‌های آلی کلره بیشتر از نمونه‌های زمستان است. همچنین تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های تالاب به وجود آمد ( $P < 0.05$ ).

### کلید واژه

آلاینده‌های آلی پایدار، آفت‌کش‌های آلی کلره، رسوب، تالاب انزلی

### سر آغاز

ترکیبات آلی کلره به عنوان آلاینده‌های آلی در محیط شناخته می‌شوند که شامل آفت‌کش‌های آلی کلره<sup>۲</sup> (OCPs) و بی‌فنیل‌های پلی‌کلره<sup>۳</sup> (PCBs) هستند (Smith and Gangolli, 2002). ترکیبات بی‌فنیل‌های پلی‌کلره که به اختصار PCBs نامیده می‌شوند، گروهی از مواد شیمیایی آلی سنتزی‌اند که میزان کلره شدن در این ترکیبات حدود ۲۱ تا ۶۸ درصد است (واکر، ۱۳۸۱). در میان ۲۰۹ ترکیب PCBs که تفاوت آنها بر حسب تعداد اتم کلر (۱ تا ۱۰ اتم کلر) و نحوه جایگزینی بر روی حلقه بنزنی بی‌فنیل است، هفت ترکیب آن شامل ایزومرهای شماره ۲۸، ۵۲، ۱۰۱، ۱۱۸، ۱۳۸، ۱۵۳، ۱۸۰ به عنوان شاخص‌های آلودگی PCBs در دریاها، تالاب‌ها و

آلاینده‌های آلی پایدار که به اختصار POPs<sup>۱</sup> خوانده می‌شوند ترکیباتی با گسترش وسیع در محیط زیست هستند که به منزله یکی از مشکلات آلودگی جهانی شناخته می‌شوند. این ترکیبات به علت خواص آبگریزی و حلالیت بالا در چربی و پایداری‌شان در محیط می‌توانند در بدن موجودات زنده تجمع یافت و از طریق زنجیره غذایی انتقال پیدا کنند (Corsolini, et al., 2005). میزان باقیمانده این ترکیبات در بدن موجودات زنده با موقعیت قرار گرفتن جانوران در زنجیره غذایی و نوع زیستگاه آنها ارتباط دارد (واکر، ۱۳۸۱؛ Zhou, et al., 2007) به طور کلی دو دسته اصلی از

کیلومترمربع در ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی در جنوب دریای خزر در استان گیلان واقع شده است، از شمال به دریای خزر، از شرق به روستای پیر بازار، از غرب به کپورچال و آبکنار و از طرف جنوب به شهرستان صومعه سرا و قسمتی از شهرستان رشت محدود می شود، تالاب انزلی مهم ترین زایشگاه جنوبی ماهیان دریای خزر است (یگانه موسوی، ۱۳۸۱) و بزرگترین حوزه آب شیرین در جنوب دریای خزر محسوب می شود که به دلیل همجواری با شهر انزلی به همین نام خوانده شده است (سرتاج و همکاران، ۱۳۸۴). تنوع گونه های جانوری شامل آبزیان، پرندگان، خزندگان، دوزیستان و پستانداران حاشیه تالاب نشانه اهمیت تالاب است.

این تالاب دارای چهار حوضچه مشخص (شرقی، غربی، مرکزی و سیاه کشیم) است (پیغمبری، ۱۳۷۳). در بخش شرقی به علت پراکندگی و گسترش صنایع و فعالیت های کشاورزی، مواد آلاینده زیادی وارد تالاب می شود و از لحاظ آلودگی در وضعیت بحرانی قرار دارد.

در بخش سیاه کشیم فعالیت های صنایع کمتر ولی فعالیت های کشاورزی زیاد است و یکی از دو بخش حفاظت شده تالاب است (بخش حفاظتی دیگر پناهگاه حیات وحش سرخانکل در مرکز تالاب است). بخش مرکزی متأثر از پساب های کشاورزی و پساب های پراکنده شهری و روستایی است و حد واسط دو بخش قبلی است که بدلیل تردد قایق ها دچار صدمات محیط زیستی جدی شده است. بخش غربی تالاب تنها بخشی است که فعالیت های صنعتی و کشاورزی پراکنش چندانی ندارند (منوری، ۱۳۶۹). این تالاب هم اکنون به دلیل آلودگی زیاد در لیست تالاب های در خطر جهانی یا تالاب های مونترو قرار دارد. گسترش شهرها و افزایش روز افزون تراکم انسانی در کرانه های تالاب انزلی، فقدان وجود سیستم تصفیه فاضلاب و سرازیر شدن فاضلاب های خانگی، صنعتی و کشاورزی از شهرهای اطراف به درون این تالاب، حیات تالاب انزلی و موجودات آن را بشدت به خطر انداخته است (پیغمبری، ۱۳۷۳). از آنجایی که تالاب انزلی در زندگی روزمره مردم حواشی آن اثر اجتماعی-اقتصادی دارد و بنابراین بررسی میزان آلودگی آن از جنبه اکولوژیکی و حفظ تنوع زیستی بسیار اهمیت دارد (قهرمان، ۱۳۷۳). هدف از این تحقیق: ۱- بررسی میزان آفت کش های آلی کلره (OCPs) در رسوبات تالاب ۲- مقایسه بخش های مختلف تالاب از نظر میزان این آلاینده ها است.

مناطق ساحلی مطالعه قرار می شدند (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱ Coelhan, et al., 2006).

آفت کش های آلی کلره شامل ددت و متابولیت های آن، هگزا کلروسیکلو هگزان و ایزومرهای آن (آلفا، بتا و گاما)، هگزا کلرو بنزن و حشره کش های سیکلودین (دیلدرین و آلدین و غیره) هستند (واکر، ۱۳۸۱). به طور کلی غلظت ددت و متابولیت های آن می تواند از طریق سطوح غذایی متوالی تا ۱۰۰۰ برابر افزایش پیدا کند (Yuan, et al., 2004). DDT باعث افزایش تلفات و کاهش چشمگیر در تعداد و حجم تخمک ها و به وجود آوردن نوزادان کم بنیه است (مخیر، ۱۳۸۱). با تخلیه ترکیبات آلاینده های آلی پایدار به محیط های آبی، معمولاً این ترکیبات در سه فاز آب، رسوبات و موجودات آبی پراکنده می شوند (Pandit, et al., 2006). سه راه اصلی انتقال این ترکیبات به بدن انسان از طریق جذب پوستی، تنفس و بخصوص خوردن غذاهای آلوده است (Schlummer, Binelli, and Provini, 2004). دو راه اول تقریباً کمتر از ۱۰ درصد جذب را تشکیل می دهند و بیش از ۹۰ درصد جذب از طریق رژیم غذایی است که در حدود ۹۰ درصد جذب از طریق رژیم غذایی را نیز غذاهای حیوانی تشکیل می دهند (Binelli and Provini, 2004).

رسوبات یکی از مهم ترین مکان ها برای ته نشین شدن سموم در محیط های آبی هستند (Voorspoels, et al., 2004). مطالعه رسوبات به عنوان یکی از مهم ترین راهها برای ورود این سموم به بدن ارگانیزم های آبی، به خصوص برای موجوداتی که در رسوبات زندگی می کنند و به آن وابسته اند ضروری است (Pruell, et al., 1993). همچنین پروفیل رسوبات تاریخ دار می تواند برای تخمین تاریخ ته نشینی مواد آلاینده آلی در کف بستر که با منابع انسانی و طبیعی ایجاد شده اند، به کار روند (Fox, et al., 2001). به علاوه تجزیه و تحلیل این سموم اطلاعات زیادی را درباره منابع تولید این سموم نشان می دهد (Guas, et al., 2001).

با توجه به حجم بالای فعالیت های کشاورزی در شمال کشور و مصرف ۶۰ درصد کل آفت کش های کشور به نظر می رسد، پایش و ارزیابی اکوسیستم های این ناحیه برای مشخص شدن درجه سلامتی و بررسی خطر آلودگی در موجودات آنها ضروری است (Heidari, 2003). تالاب انزلی یکی از ۱۰ تالاب ارزشمند جهان بوده که جزء ۲۲ تالاب بین المللی ایران است که از سال ۱۳۵۴ تحت پوشش کنوانسیون رامسر قرار دارد. این تالاب با مساحتی بالغ بر ۱۹۳

## مواد و روشها

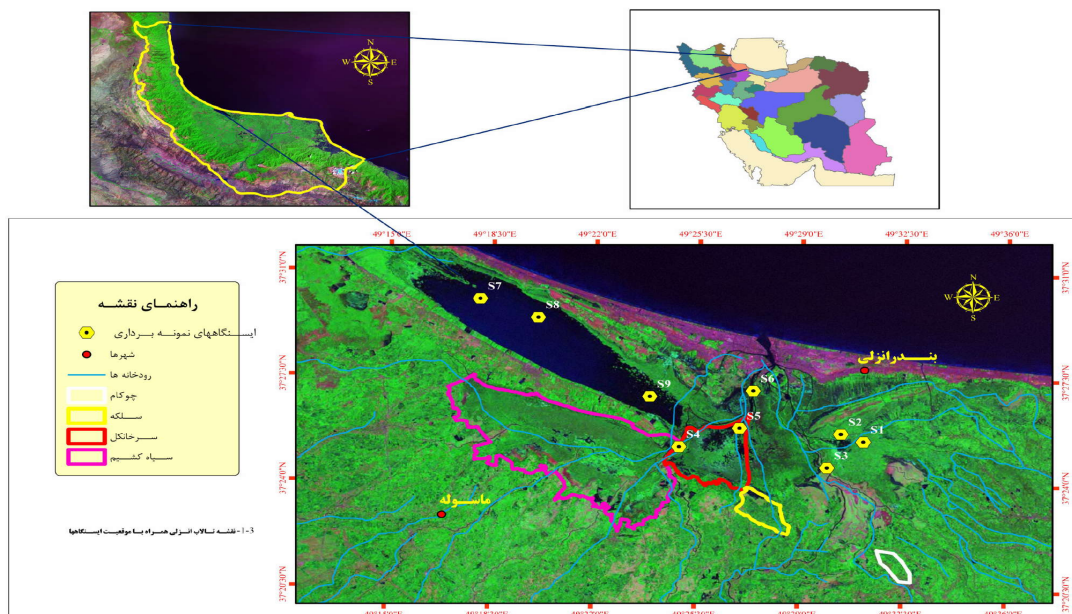
### روش نمونه‌برداری

در این تحقیق ۹ ایستگاه (شماره‌های ۱ تا ۳ در منطقه شرق، ۴ تا ۶ در مرکز و ۷ تا ۹ در منطقه غرب) در کل تالاب مشخص شد (انتخاب ایستگاهها به‌منظور پایش کامل تالاب به این صورت بود که، هر یک از مناطق شرق، مرکز و غرب تالاب با استفاده از GPS به سه قسمت مساوی تقسیم و در هر یک از قسمت‌ها یک ایستگاه انتخاب شد که البته عوامل دیگری مانند موقعیت ایستگاهها نسبت به منابع آلاینده انسانی و صنعتی هم درانتخاب آنها و فواصلشان از همدیگر مؤثر بوده است). نمونه‌برداری رسوبات سطحی از عمق ۵cm با استفاده از دستگاه نمونه‌برداری گرب انجام شد و از هر ایستگاه ۳ نمونه رسوب برداشته و داخل ظرف شیشه به آزمایشگاه منتقل شدند. در شکل شماره (۱) موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه‌برداری نشان داده شده است. تفاوت این تحقیق با کارهای انجام شده داخلی و خارجی این است که، در ایران تا زمان انجام این تحقیق طبق بررسی‌های انجام گرفته کار مشابهی یا انجام نشده و اگر هم احياناً انجام شده در مورد رسوبات و بر روی تالابها انجام نشده و این تحقیق مشابه چند کار خارجی است که در هم ادغام

شده و در قالب مطالعه‌ای در باره بررسی سموم و PCDs OCPS، با یکدیگر، و همچنین مقایسه فصلی سموم و مقایسه مناطق مختلف تالاب با یکدیگر است هر یک از این موارد یاد شده در تحقیقات خارجی به طور جداگانه بررسی شده است ولی در این تحقیق در قالب پژوهشی خاص انجام گرفته است.

### روش تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری با وجود نرم افزار SPSS (version 11.5) انجام شد. بررسی تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با آزمون Kolmogrov-Smirnov انجام شد. برای مقایسه تفاوت آلودگی ایستگاهها در صورت نرمال بودن داده‌ها از تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد، در این حالت چنانچه واریانس داده‌ها همگن بود، از آزمون‌های Duncan و غیر این‌صورت آزمون Dunnet-T3 استفاده شد. در مواردی که داده‌ها نرمال نبودند، یا امکان نرمال کردن آنها وجود نداشت، برای مقایسه کلی داده‌ها، آزمون ناپارامتریک Kruskal-Wallis مورد استفاده قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون من‌ویتنی یو استفاده شد و برای مقایسه تفاوت آلودگی تالاب در دو فصل از آزمون t-جفتی استفاده شد.



شکل شماره (۱): موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری در تالاب انزلی

شده و در معرض هوا خشک شدند، در مرحله بعد با استفاده از هاون به‌صورت پودر در آمد و بعد ۱۵ ng استاندارد داخلی PCB۱۴۳ به ۱۰/۰۰۰ گرم از رسوبات پودر شده اضافه کرده و با ۷۵ میلی لیتر از

### آماده سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  تا قبل از تجزیه و تحلیل نگهداری شدند. سپس با الک ۶۳ میکرو متر الک

۰/۱۷، ۵/۰۸ - nd<sup>۱۱</sup> و ۱/۴۳-۸/۵۱ و ۰/۰۶-۰/۳۵ ng/g dw هستند.

همچنین میزان ترکیبات هگزاکلروسیکلوهاگزان، سیکلودین ها، ترکیبات ددت و هگزاکلروبنزن در بهار به ترتیب، ۴/۷۸ ng/g dw - ۱/۰۸، ۱/۲۷-۵/۹۷ ng/g dw و ۲/۱۴-۹/۹۲ ng/g dw هستند.

در بین متابولیت‌های هگزاکلرو سیکلوهاگزان در نمونه‌های زمستان،  $\beta$ -HCH با محدوده غلظت ۰/۴۷-۲/۱۲ ng/g dw بیشترین میزان و متابولیت  $\alpha$ -HCH با غلظت ۰/۲۹ - ng/g dw کمترین میزان، در بین سیکلودین‌ها ایزومرهای اندوسولفان، به ترتیب با غلظت ۱/۷۷ ng/g dw - ۱/۷۷ nd بیشترین میزان و آلدین با محدوده غلظت ۰/۰۶-۰/۳۸ ng/g dw کمترین میزان را دارا هستند.

همچنین در بین ۵ ایزومر ددت، ایزومر p,p'-DDE با غلظت ۱/۴۳-۳/۴۷ ng/g dw در نمونه‌های رسوب ترکیبی است که بیشترین میزان را دارد و کمترین میزان را هم ایزومر o,p'-DDT با غلظت ۰/۳۶ ng/g dw دارد.

در نمونه‌های فصل بهار در بین متابولیت‌های هگزاکلروسیکلوهاگزان متابولیت  $\alpha$ -HCH با محدوده غلظت ۰/۴۶-۲/۵۸ ng/g dw بیشترین میزان و متابولیت  $\beta$ -HCH با غلظت ۰/۱۷-۰/۹۲ ng/g dw کمترین میزان، در بین سیکلودین‌ها ایزومر اندوسولفان، به ترتیب با محدوده غلظت ۰/۴۴ - ۱/۹۶ ng/g dw، بیشترین میزان و آلدین با محدوده غلظت ۰/۶۸-۰/۶۸ ng/g dw کمترین میزان را داراست.

همچنین در بین ۵ ایزومر ددت، ایزومر p,p'-DDE با محدوده غلظت ۱/۳۲-۴/۷۸ ng/g dw در نمونه‌های رسوب ترکیبی است که بیشترین میزان را دارد و کمترین میزان را ایزومر o,p'-DDE با غلظت ۰/۱۱ ng/g dw - ۰/۵۶ دارد.

### مقایسه ترکیبات OCPs در بین ایستگاهها

با توجه به نمودارهای شماره (۳ و ۴) تفاوت معنی‌داری بین ایستگاهها از نظر آلاینده‌های مورد بررسی وجود دارد و ایستگاههای شماره ۲ و ۳ واقع در منطقه شرق و بعد از این دو، ایستگاه ۶ در مرکز دارای بیشترین میزان و ایستگاههای شماره ۷ و ۹ در غرب دارای کمترین میزان از آلاینده‌های HCHs، DDTs و HCB بودند.

مخلوط حلال‌های نرمال هگزان و استون به نسبت ۱:۳ به مدت ۴ ساعت عمل سوکسله انجام شد. سپس محلول استخراج شده با دستگاه تبخیرکننده دوار<sup>۴</sup> و گاز بی‌اثر نیتروژن به مدت چند دقیقه تغلیظ شد.

محلول استخراجی تغلیظ شده برای تمیزسازی<sup>۵</sup> از داخل ستون حاوی ۸ گرم سیلیکاژل اسیدی شده و پودر مس عبور داده شد و با ۲۵ میلی لیتر حلال‌های نرمال هگزان و دی کلرومتان شسته شد. بار دیگر محلول جمع‌آوری شده با گاز نیتروژن خشک شد و ۱۰۰ میکرولیتر نرمال اکتان به آن اضافه کرده و یک میکرو لیتر از آن به دستگاه کروماتوگرافی گازی<sup>۶</sup> (GC) تزریق شد. Guzzella, et al., (2005).

### تجزیه و تحلیل نمونه‌ها

شناسایی و اندازه‌گیری بقایای آفت‌کش‌ها و ترکیبات بی‌فنیل‌های پلی‌کلره در نمونه‌ها به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل ۱۰۰۰، ساخت شرکت DANI (ایتالیا) مجهز به ستون کاپیلاری Optima 5 به طول ۶۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ mm و ضخامت فیلم ۰/۲۵  $\mu\text{m}$  و آشکارساز بسیار حساس ربانده الکترون (ECD)<sup>۷</sup> انجام شد.

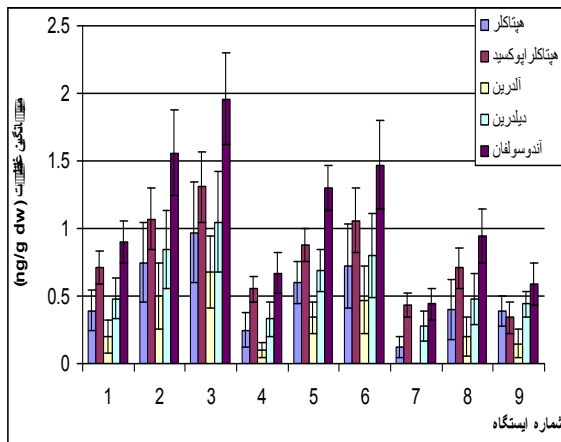
دماهای محل تزریق<sup>۸</sup> و آشکارساز<sup>۹</sup> به ترتیب بر روی ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتیگراد تنظیم شدند. شناسایی سموم و ترکیبات آلی کلره و بی‌فنیل‌های پلی‌کلره موجود در نمونه‌ها از طریق مقایسه زمان بازداری پیک‌های مشاهده شده در کروماتوگرام حاصل از نمونه به کروماتوگرام حاصل از تزریق محلول‌های استاندارد انجام شد و از نسبت سطح زیر پیک نمونه به سطح زیر پیک استاندارد داخلی به عنوان پاسخ تجزیه‌ای برای محاسبه غلظت استفاده شد.

### کنترل کیفی<sup>۱۰</sup>

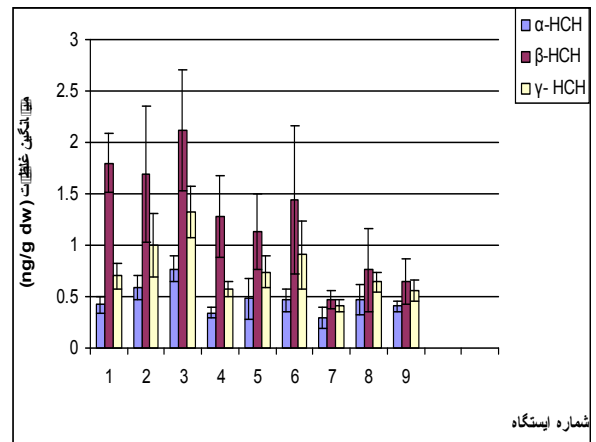
حد تشخیص OCPs<sup>۱۱</sup> در این روش برای نمونه‌های رسوب، بین ۰/۰۵ و ۶ ng/g dw بود. همچنین درصد انحراف نسبی<sup>۱۲</sup> برای OCPs بین ۵/۷۹ و ۱۴/۸۱ درصد بود و این که درصد بازیابی<sup>۱۳</sup> در این روش برای OCPs بین ۷۳/۶۵ و ۹۹/۸۳ بود.

### نتایج (بررسی ترکیبات آلی کلره (OCPs) در نمونه‌ها)

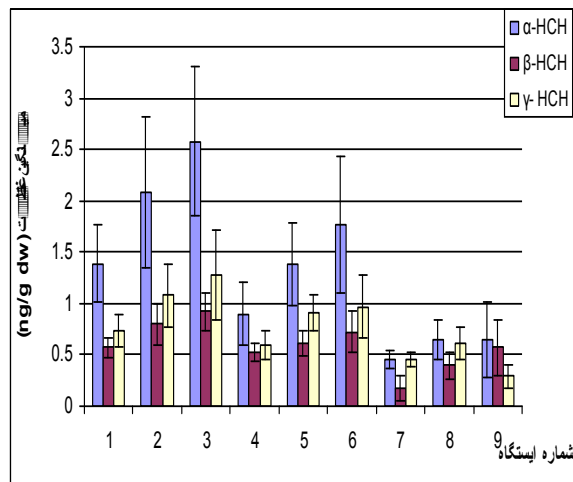
نمودارهای شماره (۱-۴) میزان غلظت هر یک ترکیبات آلی کلردار را نشان می‌دهند. به‌طور کلی میزان ترکیبات هگزاکلروسیکلوهاگزان<sup>۱۴</sup>، سیکلودین‌ها<sup>۱۵</sup>، ترکیبات ددت<sup>۱۶</sup> و هگزاکلروبنزن<sup>۱۷</sup> در زمستان به ترتیب، ۴/۲۱ ng/g dw -



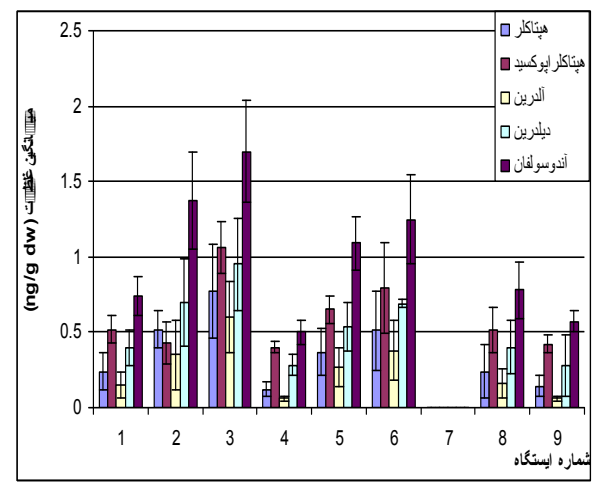
(a)



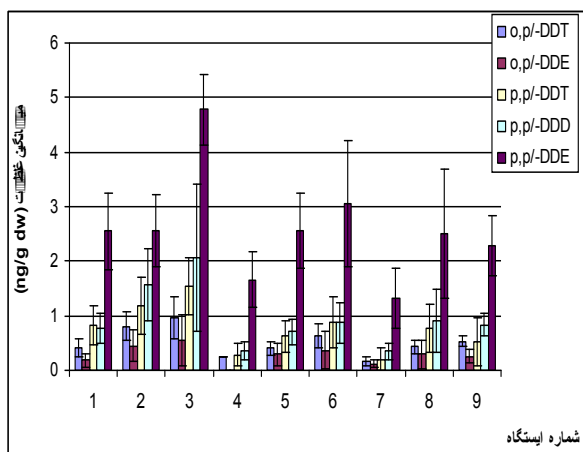
(a)



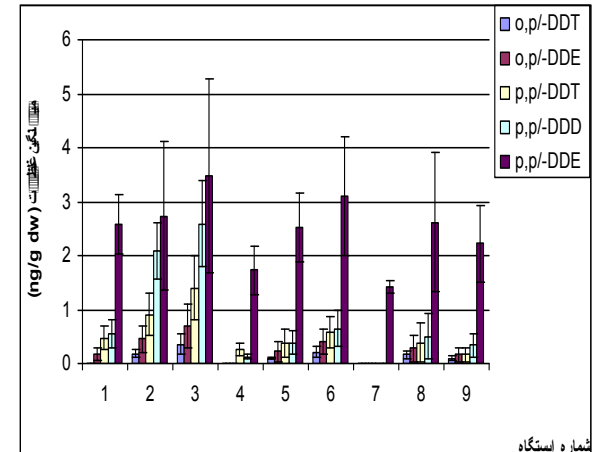
(b)



(b)



(c)



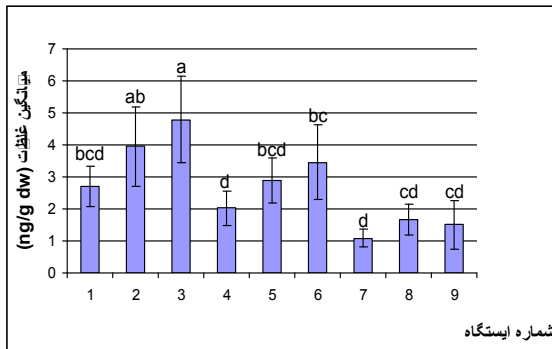
(c)

**نمودار شماره (۲): غلظت ایزومرهای OCPs در نمونه‌های رسوب تالاب انزلی در فصل بهار**

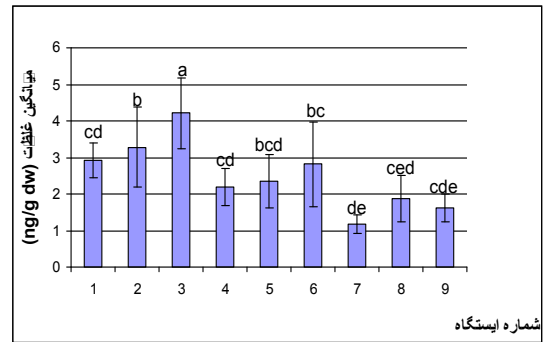
ترکیبات هگزاکلروسیکلوهاگزان (a)، سیکلودین‌ها (b)، ترکیبات ددت (c) (انحراف معیار ± میانگین)

**نمودار شماره (۱): غلظت ایزومرهای OCPs در نمونه‌های رسوب تالاب انزلی در فصل زمستان**

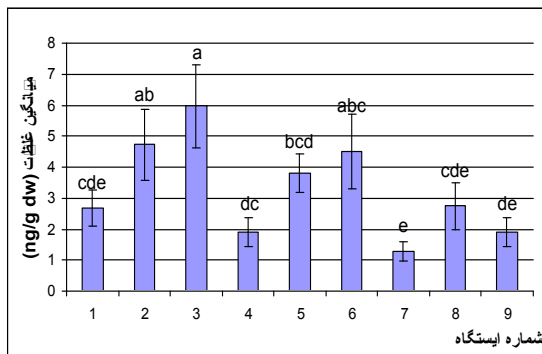
ترکیبات هگزاکلروسیکلوهاگزان (a)، سیکلودین‌ها (b)، ترکیبات ددت (c) (انحراف معیار ± میانگین)



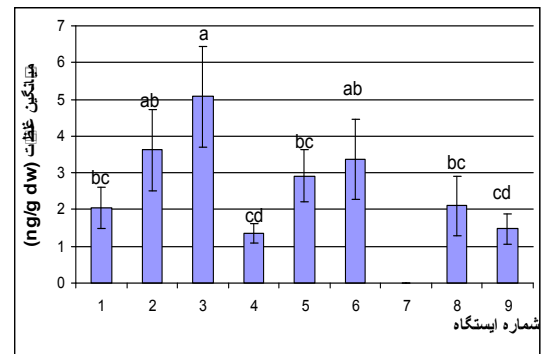
(a)



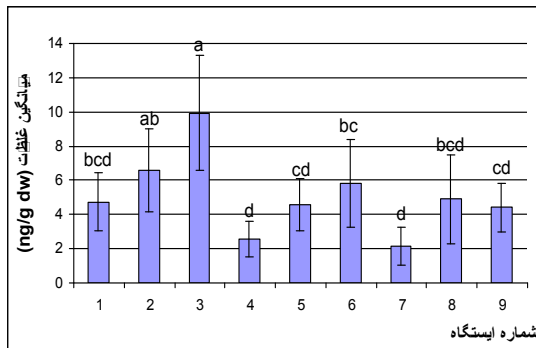
(a)



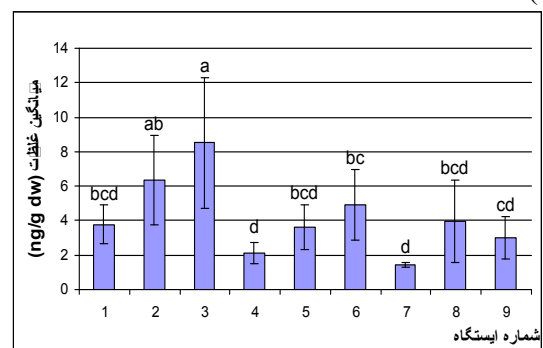
(b)



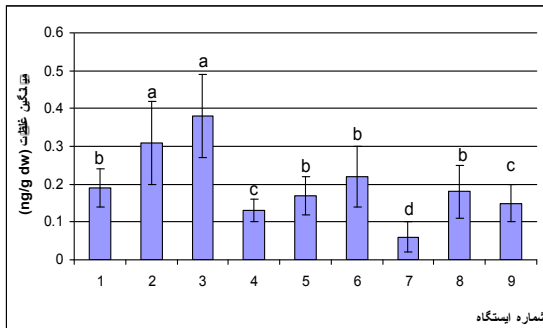
(b)



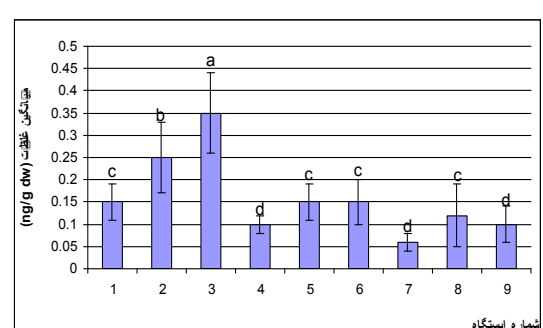
(c)



(c)



(d)



(d) نمودار شماره (۳): تفاوت بین ایستگاهها از نظر

آلاینده‌های موجود در نمونه‌های رسوب در زمستان

HCHs (a), DDTs (b), BHCs (c) و HCB (d) (حروف غیر

یکسان نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین ایستگاههاست) ( $P < 0.05$ )

نمودار شماره (۴): تفاوت بین ایستگاهها از نظر آلاینده‌های

موجود در نمونه‌های رسوب در بهار

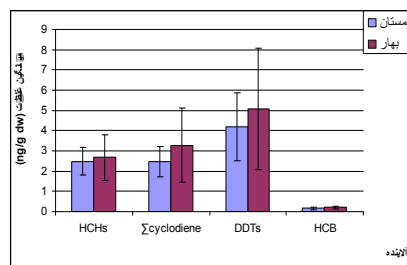
HCHs (a), BHCs (b), DDTs (c) و HCB (d) (حروف غیر

یکسان نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین ایستگاههاست) ( $P < 0.05$ )

آلدین در محیط خیلی سریع تغییر شکل داده و به دیلدین که حالت سمی بسیار بالایی دارد، تبدیل می‌شود (Falandysz, et al., 1998). به نظر می‌رسد بالاتر بودن ایزومر دیلدین نسبت به آلدین در نمونه‌ها به دلیل مصرف آلدین در گذشته بوده که تبدیل به دیلدین شده است. با نگاهی به نمودارها مشاهده می‌شود در تمام نمونه‌های رسوب در هر دو فصل، میزان ایزومرهای  $o,p'$ -DDT کمتر از ایزومرهای  $p,p'$ -DDT است. در توجیه این مطلب می‌توان گفت که در مجموع نسبت ایزومر  $o,p'$ -DDT به  $p,p'$ -DDT می‌تواند برای ارزیابی منابع DDT به کار رود (Li, et al., 2007). پایین بودن این نسبت، مبین این موضوع است که منشأ DDT در این منطقه مصرف DDT صنعتی است، یا این سم همراه دیگر تولیدات وارد محیط شده است (Wei, et al., 2008). درباره علت بیشتر بودن  $p,p'$ -DDE در بین ایزومرهای DDTs در هر دو فصل می‌توان گفت که به‌طور کلی هنگامی که  $p,p'$ -DDT با میکروارگانیزم‌ها تحت شرایط هوایی تجزیه می‌شوند ایزومر  $p,p'$ -DDE، و وقتی تحت شرایط بی‌هوایی تجزیه می‌شود ایزومر  $p,p'$ -DDD مهم‌ترین ترکیبی است که به‌دست می‌آیند به‌طوری‌که نسبت  $p,p'$ -DDE /  $p,p'$ -DDD می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای تغییر شکل DDT تحت شرایط اکسایش - کاهش متفاوت استفاده شود (Zhang, et al., 2005). در این تحقیق این نسبت برای نمونه‌های رسوب در دو فصل بین  $13/30 - 1/30$  بود، پس وجود شرایط هوایی برای تجزیه DDT می‌تواند دلیل زیاد بودن ایزومر  $p,p'$ -DDE در این تالاب باشد. از دیگر دلایل این موضوع این است که مهم‌ترین ترکیبی که از کلرزادایی  $p,p'$ -DDT به‌دست می‌آید ایزومر  $p,p'$ -DDE است که بسختی تجزیه شده و به ترکیب دیگری تبدیل می‌شود (Dannenberger & Lerz, 1996). (Pereira, et al., 1996). مطلب دیگری را که در توجیه زیاد بودن ایزومر  $p,p'$ -DDE می‌توان گفت این است که وجود تنوع گونه‌ای زیاد و متفاوت کفزی عامل مهمی است که می‌تواند فرایند تجزیه زیستی را سرعت ببخشد (Pandiet, et al., 2001) و در نتیجه میزان ایزومر  $p,p'$ -DDE زیادتر شود. اما در نمودارهای شماره (۳) و (۴) می‌توان مشاهده کرد که بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده تفاوت معنی‌داری از نظر میزان آلاینده‌های مورد بررسی وجود دارد. طبق گزارش سازمان کشاورزی استان گیلان، حدود ۳۲ درصد (حدود ۲۱۷۴۰۸/۸۵ هکتار) از کل محصولات زراعی، باغی و شالی استان در سه شهرستان رشت، صومعه سرا و انزلی که در اطراف

### مقایسه فصلی ترکیبات آلی کلره (OCPs) در نمونه‌ها

شکل شماره (۵) نشان می‌دهد که در هر دو فصل بیشترین غلظت را ترکیبات د.د.ت و کمترین غلظت را ترکیب هگزاکلروبنزن دارد، و از طرفی در بهار غلظت تمام سموم نسبت به زمستان افزایش پیدا کرده است.



نمودار شماره (۵): مقایسه فصلی آلاینده‌های آلی کلردار در نمونه‌های رسوب تالاب بین‌المللی انزلی

### بحث

بر اساس این مطالعه در بین سه ایزومر HCHs در زمستان ایزومر بتا و در بهار ایزومر آلفا بیشترین میزان را دارا هستند که باره آن می‌توان گفت به‌طور کلی در ترکیب HCHs صنعتی که یک آفت‌کش است. ایزومر  $\alpha$ -HCH بیشترین میزان و  $\beta$ -HCH کمترین میزان را دارد (Zhang, et al., 2003). بنابراین به نظر می‌رسد در بهار به دلیل مصرف این آفت‌کش، ایزومر  $\alpha$ -HCH بیشترین میزان را داشته باشد، اما در مورد بیشتر بودن ایزومر  $\beta$ -HCH در زمستان به دلیل تبدیل ایزومرهای آلفا و گاما به ایزومر بتا است (Wu, et al., 1999). از دیگر دلایل وجود میزان بالای ایزومر  $\beta$ -HCH در تالاب در زمستان فشار بخار و تجزیه‌پذیری پایین آن در مقایسه با دیگر ایزومرهاست (Willett, 1998). بنا به گزارش و تأیید سازمان تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی کشور (بی‌نام، ۱۳۸۷) و البته تحقیق de Mora و همکاران (De mora, et al., 2004) بر روی رسوبات دریای خزر مبنی بر مصرف سالانه مقدار زیادی از سم اندوسولفان با نام تجاری تیودان در مزارع و درختان میوه و سبزیهای استان شمالی، به علت زیاد بودن دو سم‌اند و سولفان و هپتاکلروپوکسیدمیزان مصرف سم‌های یاد شده در منطقه زیاد است. باید گفت که به‌طور کلی هپتاکلر در طبیعت به دلیل تجزیه، بیشتر به شکل اپوکسید دیده می‌شود. به نظر می‌رسد بالا بودن میزان هپتاکلر اپوکسید نسبت به هپتاکلر به این علت باشد. همچنین با توجه به نمونه‌های رسوب و مقایسه آلدین و دیلدین در دو فصل مشاهده می‌شود که دیلدین بیشتر از آلدین است.

نمونه‌های رسوبات معرفی شده است (DeMora, et al., 2004). که در این مطالعه غلظت لیندان در نمونه‌های رسوب تالاب در دو فصل بیشتر از این مقدار است. بر اساس استاندارد کشور کانادا حد آستانه ۲۷۶ و ۷۱۰ pg/g برای هپتاکلر اپوکسید و دیلدرین در نمونه‌های رسوبات معرفی شده است (De Mora, et al., 2004). که در این مطالعه در هر دو فصل در تالاب متوسط میزان هپتاکلر اپوکسید در هر دو فصل بیشتر از این مقدار است ولی برای دیلدرین در دو فصل کمتر از این حد بدست آمده است. همچنین بر اساس استاندارد کشور کانادا برای ایزومرهای p,p'-DDD, p,p'-DDE و p,p'-DDT حدود آستانه ۱۲۲۰، ۲۰۷۰ و ۴۷۷۰ pg/g در نمونه‌های رسوب معرفی شده است (DeMora, et al., 2004)، که متوسط غلظت p,p'-DDE در این مطالعه در دو فصل بیشتر از این مقدار است ولی برای ایزومرهای p,p'-DDD و p,p'-DDT متوسط غلظت این سم در این تالاب در دو فصل کمتر از این استاندارد است. همچنین بر اساس استاندارد کشور کانادا حد آستانه آثار سمی DDTs برای نمونه‌های رسوبات ۵۰ ng/g dw معرفی شده است (Hong, et al., 2003) که در این مطالعه غلظت DDTs در نمونه‌های رسوب تالاب کمتر از این مقدار است.

#### یادداشت‌ها

- 1-Persistent Organic Pollutants
- 2- Organochlorine Pesticides (OCPs)
- 3- Biphenyls Polychlorinated (PCBs)
- 4- Rotary Evaporator
- 5- Clean- up
- 6- Gas-chromatography
- 7- Electron capture detector
- 8- Injector
- 9- Detector
- 10- Quality assurance
- 11- Limit of Detection
- 12- Relative standard deviation
- 13- Recovery
- 14- Hexachlorocyclohexanes (HCHs)
- 15- Cyclodiene
- 16- Dichloro- diphenyl-trichloroethanes (DDT)
- 17- Hexachlorobenzene (HCB)
- 18- Dry weight
- 19- Nondetected

تالاب انزلی (مرکز و شرق تالاب)، قرار گرفته‌اند واقع شده است و از این مقدار حدود ۲۱ درصد، متعلق به شهرستان رشت است (بی نام، ۱۳۸۷). از طرف دیگر طبق آمار سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گیلان، این سه شهرستان با دارا بودن جمعیتی معادل ۱۱۰۸۱۶۰ نفر حدود ۵۳ درصد از کل جمعیت استان را شامل می‌شوند و از این میزان شهرستان رشت با جمعیت ۸۴۷۶۸۰ نفر بیش از ۴۱ درصد جمعیت استان را داراست (بی نام، ۱۳۸۵). از آنجایی که این شهرستان در حوزه بخش شرقی تالاب قرار گرفته است و این که فاضلاب‌های شهرستانهای رشت و انزلی از طریق رودخانه‌های بخش شرقی، مخصوصاً رودخانه پیربازار (ایستگاه شماره ۳) به این بخش می‌ریزند، بنابراین به نظر می‌رسد بالا بودن میزان غلظت سموم در این بخش می‌تواند به دلیل فعالیت‌های کشاورزی زیاد باشد. اما در تالاب انزلی، آب قسمت‌های شرق و غرب تالاب وارد بخش مرکزی شده و نهایتاً از این منطقه و مخصوصاً ایستگاه شماره ۶ واقع در مرکز تالاب، از طریق پل گازیان وارد دریای خزر می‌شوند، بنابراین از آنجایی که ایستگاههای شماره ۵ و ۶ واقع در مرکز تالاب جایگاه نهایی آلاینده‌ها قبل از ورود به دریا هستند، به نظر می‌رسد بالا بودن غلظت سموم در این دو ایستگاه (البته بعد از ایستگاههای ۲ و ۳) می‌تواند به این دلیل باشد، ولی در قسمت غرب که مرکز اصلی صید ماهی در این تالاب است احتمالاً به دلیل عدم وجود زمینهای کشاورزی زیاد در این منطقه و محصور نبودن در مناطق پر جمعیت و شهری غلظت سموم کم است. با نگاهی به شکل‌های شماره (۳-۴) مشاهده می‌شود که، به طور کلی در نمونه‌های رسوب تالاب همه آلاینده‌ها در بهار نسبت به زمستان افزایش پیدا کرده‌اند. با توجه به شروع فعالیت‌های کشاورزی در منطقه از اوایل بهار و این که نمونه‌برداری این تحقیق در بهار و در اواخر خرداد ماه انجام گرفت، به نظر می‌رسد یکی از دلایل زیاد بودن آلاینده‌ها در بهار نسبت به زمستان می‌تواند مصرف سموم در کشاورزی در این فصل باشد. از طرف دیگر با توجه به وجود بارش‌های زیاد در زمستان نسبت به فصول دیگر، رقیق شدن غلظت آلاینده‌ها در محیط‌های آبی در این فصل نسبت به فصول دیگر می‌تواند از دلایل دیگر زیاد بودن غلظت‌ها در بهار نسبت به زمستان باشد (Covaci, et al., 2006). اما بر اساس استاندارد کشور کانادا، حد آستانه ۳۲۰ pg/g برای لیندان در

#### منابع مورد استفاده

اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست، انتشارات نقش مهر، تهران. ۷۶۹ ص.



- بی‌نام. ۱۳۸۷. گزارش سازمان تحقیقات دفع آفات و نباتات گیاهی کشور، سازمان جهاد کشاورزی.
- بی‌نام. ۱۳۸۵. گزارش سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سرشماری نفوس و مسکن.
- پیغمبری، ی. ۱۳۷۳. بررسی روابط فیزیکی و شیمیایی آب و تراکم موجودات ماکروبتیک در تالاب انزلی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران: ۴۳۰ ص.
- سرتاج، م.، فتح‌اللهی دهکردی، ف و فیلی‌زاده، ی. ۱۳۸۴. بررسی روند انتشار و تجمع فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۳: ۶۲۳ تا ۶۳۳ ص.
- قهرمان، آ. ۱۳۷۳. مورموفیت‌های ایران سیستماتیک گیاهی، مرکز نشر دانشگاهی تهران، جلد چهارم، ۶۱۸ ص.
- مخیر، ب. ۱۳۸۱. بیماری‌های ماهیان پرورشی. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۹۹ ص.
- منوری، م. ۱۳۶۹. بررسی اکولوژیک تالاب انزلی، نشر گیلان: ۱۰۵ ص.
- واکر، سی. اچ. ۱۳۸۱. آلاینده‌های آلی از دیدگاه سم‌شناسی محیطی، مترجم: دبیری م.، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۴۰۰ ص
- یگانه موسوی، س. ۱۳۸۱. نقش گیاهان غالب انزلی در تجمع عناصر سنگین، استاد راهنما دکتر عباس اسماعیلی ساری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- Binelli, A., A., Provini. 2004. Risk for human health of some POPs due to fish from lake isoe: Ecotoxicology and Environmental Safety. 58: 139-145.
- Coelhan, M., J., Strohmeier, H., Barlas. 2006. Organochlorine levels in edible fish from the Marmara Sea, turkey: Environmental International. 32: 775-780
- Corsolini, S., et al. 2005. Persistent organic pollutants in edible Fish: a Human and Environmental Health Problem: Microchemical Journal. 79: 115-123.
- Covaci, A., et al. 2006. Levels and Distribution of Organochlorine Pesticides, Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Diphenyl ethers in Sediments and Biota from the Danube Delta, Romania, Environmental Pollution, Vol. 140 :136-14.
- Dannenberger, D., A., Lerz. 1996. Polychlorinated Biphenyls (PCB) and Organochlorine Pesticides in sediments of the baltic and coastal waters of mecklenburg-vorpommern, German Journal of Hydrography. 48: 5-26.
- De Mora, S., et al. 2004. Organochlorinated compounds in Caspian Sea sediments, Marine Pollution Bulletin. 48: 30-43.
- Falandysz, J., et al. 1998. concentrations and spatial distribution of chlordanes and Some other cyclodiene pesticides in baltic plankton. Sci. Total Environ. Vol 215: 253-258.
- Fox, W.M., et al. 2001. The contamination history with organochlorines of the Mersey Estuary, UK, Revealed by analysis of sediment cores from salt marshes, Marine Environmental Research, Vol. 51(3): 213-27.
- Gaus, C., et al. 2001. Historical PCDD inputs and their source Implications from dated sediment cores in Queensland (Australia). Environmental Science and Technology, Vol. 35: 4597-4603.

- Guzzella, L., et al. 2005. Evaluation of the concentration of HCH, DDT, HCB, PCB and PAH in the sediments along the Lower stretch of Hugli Estuary, West Bengal, Northeast India, *Environment International*. Vol. 31: 523 – 534.
- Heidari, H. 2003. Farmer Field Schools (FFs) slash pesticide use and exposure in Islamic Republic of Iran. *Agro-Chemical Report*. 3: 23-26 .
- Hong, S.H., et al. 2003: Horizontal and Vertical Distribution of PCBs and Chlorinated Pesticides in Sediments from Masan Bay, Korea, *Marine Pollution Bulletin*, Vol 46 : 244–253.
- Li, J., et al. 2007. Organochlorine pesticides in the atmosphere of Guangzhou and Hong Kong, Regional Sources and Long-Range Atmospheric Transport. *Atmospheric Environment* Vol 41: 889–3903.
- Pandit, G.G., et al. 2001. Monitoring of OCP Residues in the Indian Marine Environment. *Chemosphere*, Vol 44: 301-305.
- Pandit, G.G., et al. 2006. Distribution and fate of persistent organochlorine pesticide in coastal marine environment of Mumbai: *Environmental International*. 32: 240-243.
- Pereira, W.E., F.D., Hostettler, J.B., Rapp. 1996. Distributions and fate of chlorinated pesticides, biomarkers and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments along a contamination gradient from a point-source in San Francisco Bay, California. *Marine Environmental Research*. 41: 299-314.
- Pruell, R.J., et al. 1993. Accumulation of polychlorinated organic contaminants from sediment by benthic marine species. *Arch Environ Contam Toxicol*, Vol. 24: 290–7.
- Schlummer, M., G.A., Moser, M., McLachlan. 1998. Digestive trace absorption of PCDD/Fs, PCBs, and HCB in humans: mass balance and mechanistic consideration: *Toxicology Applied Pharmacology*. 152: 128–137.
- Smith, A.G., S.D., Gangolli. 2002. Organochlorine chemicals in seafood: Occurrence and health concerns: *Food and Chemical Toxicology*. 40: 767-779.
- Voorspoels, S., et al. 2004. Levels and profiles of PCBs and OCPs in marine benthic species from the Belgian sea and the Western Scheldt Estuary: *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 49: 393-404.
- Wei, S., et al. 2008. Historical trends of organic pollutants in sediment cores from Hong Kong, *Marine Pollution Bulletin*, Vol 57 : 758–766.
- Willett, K.L., E.M., Ulrich, R.A., Hites. 1998. Differential toxicity and environmental fate of hexachlorocyclohexane isomers. *Environmental Science and Technology*, Vol 32: 2197–2207 .
- Wu, Y., J., Zhang, Q., Zhou. 1999. Persistent organochlorine residues in sediments from Chinese river/estuary systems, *Environmental Pollution*. 105: 143–150.
- Yuan, Y.C., Y.K., Yuan, & H.C., Chen. 2004. Accumulation of organochlorine pesticide in marine fish from coast of Taoyuan in Taiwan: *Environmental Contamination and Toxicology*. 73: 306-311.
- Zhang, Z.L., et al. 2003. Fate and assessment of persistent organic pollutants in water and sediment from Minjiang river estuary, *Chemosphere*, Vol 52: 1423- 1430.
- Zhang, H., et al. 2005. Classification and ordination of DDT and HCHs in soil samples from the Guanting reservoir, China. *Chemosphere*. 60: 762- 769.
- Zhou, R., L., Zhu, Q., Kong. 2007. Persistent chlorinated pesticide in fish species from Qiantang River in East China: *Chemosphere*. 68: 838-847.