मध्य हिन्द सागर में बहुधात्विक पिण्डोंका खजाना

अ. भि. वळसंगकर
राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान, दोना पावला, गोवा- 403004

सारांश

भारत अपने उपयोग का 50 प्रतिशत तांवा, और शतप्रतिशत निकल और कोवाल्ट धातु आयात करता है। देश की प्रगति के लिए यह सामरिक धातुएँ उपलब्ध होना अत्यंत आवश्यक है। मगर अति उपयोग के कारण इन धातुओं के खनिज भंडार पृथ्वी के भू-पृष्ट से नष्ट हो रहे है। इसलिए, हिन्द महासागर 75000 कि. मी^{2}. क्षेत्र में से 5000 मी. औसत गहराई से वहुधात्विक पिण्डों को निकालना ही केवल आखरी उपाय माना जाता है, जो तकनीकी स्तर पेर एक महान चुनौती है। इस काम हेतु को अन्तर्राराष्ट्रीय समुद्रतल प्राधिकरण से अनुमति प्राप्त हो चुकी है।

प्रस्तावना

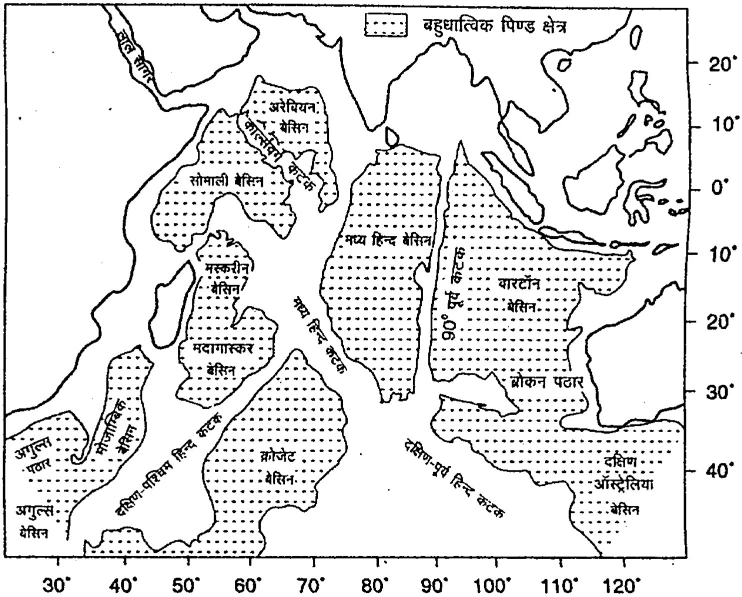
महासागर के समुद्रतल पर अनेक आजीवीत स्त्रोत उपलब्ध हैं। विकसनशिल भारत देश को औद्योगिक प्रगति के लिए जमीन पर तांवा, निकल और कोवाल्ट जैसे धातुओं की अत्यंत आवश्यकता है। भारत अपने उपयोग का 50 प्रतिशत तांवा, और निकल तथा कोवाल्ट धातु शत प्रतिशत आयात करता है (वळसंगकर, 2003) क्योंकि, इन धातुओं के स्त्रोत में कमी होने से देश की प्रगति में वाधा आ सकती है। दूसरी तरफ, मध्य हिन्द महासागर के समुद्रतल पर 5000 मीटर औसत गहराई पर वहुधात्विक पिण्डों के भंडार मिले हैं, जिनमें, लोह, तांवा, निकल और कोवाल्ट के साथ कई और धातुयें उपलब्ध है। मगर गहरे पानी के नीचे तलछट में पडे हुए इन पिण्डों का खनन करना कोई आसान काम नहीं हैं (वळसंगकर, 2007)। तकनीकी तौर पर समुद्रतल से वहुधात्विक पिण्ड निकालने के तीन विधियॉ उपलव्ध है, मगर आज तक इनमें से एक भी प्रणाली प्रत्यक्ष रूप में अस्तित्व में नहीं हैं। समुद्रतल पर स्थित वहुधात्विक पिण्डों का यह वहुमूल्य खजाना अपने देशवासियों के लिए वहुत जल्द उपलव्द्र होना जरूरी है।

मध्य हिन्द बेसिन के बहुधात्विक पिण्ड

वहुधात्विक पिण्ड एक समुद्री खनिज संसाधन है। गहरे समुद्र का सत्तर प्रतिशत भाग वहुधात्विक पिण्डों से आच्छादित है। इन पिण्डों की खोज 1873 से 1876 तक एच. एम. एस. चॅलेंजर नामक जहाज से हुई। मैंगेनीज की मात्रा सवसे ज्यादा होने के कारण उनका नामकरण "मेंगेनीज के पिण्ड" किया गया था। इसके पश्चात इन पिण्डों में विभिन्न मात्राओ में 30 से भी अधिक अन्य धातु पाए गये, जिसके कारण उन्हें वहुधात्विक पिण्ड कहा जाने लगा। एक अनुमान से समुद्रतल पर करीव 500 X 10^{12} (billion) टन वहुधात्विक पिण्ड होने की संभावना वतायी जाती है। आरम्भ में इन पिण्डों के तरफ किसी ने ज्यादा ध्यान नहीं दिया मगर 1965 में "मेरो" नामक वैज्ञानिक ने इन वहुधात्विक पिण्डों की उपियोगिता सर्वप्रथम जतायी जिसके कारण प्रशान्त महासागर में कुछ कंपनियों ने उनके अध्ययन का आरम्भ किया। इसी अध्ययन के कारण प्रशान्त महासगर में क्लेरिऑन और क्लिपरटॉन दरार क्षेत्र (fracture zone) में 5000 मीटर गहराई पर वहुधात्विक पिण्डों के भण्डार मिले।

वहुधात्विक पिण्ड समुद्रतल पर ही होते हैं। मगर कई जगह वे 10 से 15 कि. मी. मिट्टी में पाये गए है। यह पिण्ड तव वनते है जब किसी मिट्टी का कठोर भाग या किसी वस्तु के छोटे हिस्से के चारों तरफ लौह और मेंगनीज की परतें वनती है। कभी कभी शार्क मछली के दातों के उपर भी ऐसी परतें दिखाई देती है। वहुधात्विक पिण्ड वनने की

क्रिया अत्यंत धीमी होती है, इतनी की 1 मीली मीटर का आवरण वनने के लिए 10^6 साल लगते है। वहुधात्विक पिण्ड विशिष्ट परिस्थितीयों में ही वनते है। वहुधात्विक पिण्ड वनने के लिए समुद्रतल पर मिट्टी का आना जाना एकदम कम अथवा नहीं होना चाहिए। साथ में वहॉ किसी तरह से सभी धातुओं की विभिन्न मात्राओं में स्त्रोत होना चाहिए। समुद्र में यह स्थिती साधारण 4000 मीटर से ज्यादा गहराई वाले क्षेत्र में होती है। इसलिए गहरे समुद्र में ही ऐसे वहुधात्विक पिण्ड तैयार हो सकते है। मध्य हिन्द महासागर में 4000 मीटर से ज्यादा गहराई वाले 10 वेसिन में ऐसी अनकुल परिस्थिती होने के कारण वहुधात्विक पिण्ड तैयार हुए है। तथापि, 5200 मीटर से भी ज्यादा गहराई वाले मध्य हिन्द महासागर वेसिन में समुद्रतल पर वहुधात्विक पिण्डों के भंडार मिले है (चित्र-1)।

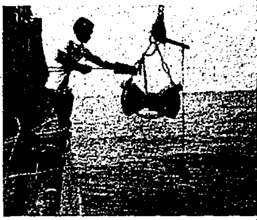


चित्र- 1. हिन्दी महासागर के 4000 मीटर से जादा गहराई वाले बेसिन जहॉ वहुधात्विक पिण्डे मिलते है।

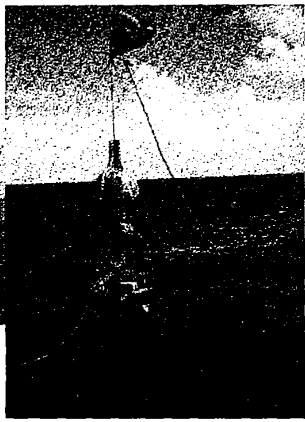
वहुधात्विक पिण्ड सर्वेक्षण से देश हुआ मशहुर

गोवा के राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान के `गवेषिणी' अनुसंधान पोत द्वारा, 26 जनवरी 1981 के दिन समुदतल से पहला वहुधात्विक पिण्ड निकाला गया, और 1982 में मध्य हिन्द महासागर में वहुधात्विक पिण्डों के सर्वेक्षण का आरम्भ हुआ जो आज तक जारी है। सन 1982 में, `सागर कन्या', `स्कॅण्डी सर्व्हेअर' और `फर्नेला' जहाजों की सहायता से मध्य हिन्द वेसिन में कई अभियान किए गये, जिसके कारण भारत को अन्तरराष्ट्रीय समुद्रतल प्राधिकरण ने 1982 में प्रथम `पूँजी निवेशक' (pioneer investor) का दर्जा प्रदान किया (वळसंगकर, 2003)। उस समय मध्य हिन्द वेसिन की उपलव्ध जानकारी बहुत कम थी, इसलिए पूरे 4 दशलक्ष वर्ग कि. मी. क्षेत्र का सर्वेक्षण किया गया। राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान, गोवा के वैज्ञानिकों द्वारा 1987 तक मध्य हिन्द महासागर के अग्रणी क्षेत्र के चार दशलक्ष वर्ग कि. मी. क्षेत्र के सर्वेक्षण से 150000 वर्ग कि. मी. के दो ऐसे क्षेत्र दिखाए की

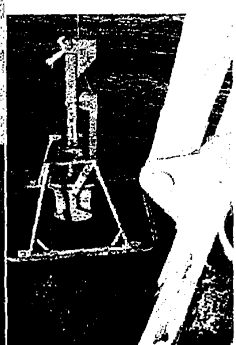
जिसमें तांबा, निकल और कोबाल्ट की मात्रा, बहुधात्विक पिण्डों की प्रचुरता, तथा समुद्रतल का पृष्टभाग समतल है। इन सर्वेक्षणों में, अलग- अलग समय पर भारत और अन्य देश के आठ अनुसंधान पोत शामिल किए गये, जिस के कारण खोज के बारे में प्रचंड आंकड़े और समुद्रतल से संबंधित अत्यंत महत्वपूर्ण जानकारी मिली। इस के साथ ही अप्रेल **1982** में समुद्री कानून संगोष्टि (conference) द्वारा भारत देश को एक 'अग्रणी निर्देशक' के रूप में मान्यता प्रदान की गई (वळसंगकर, **1994**)। इस के साथ ही मध्य हिन्द बेसिन में मिले कुल **150000** वर्ग कि. मी. क्षेत्र के आधे हिस्से में प्रथम उत्पादन खनन स्थल (First generation mine site) खोजने का लक्ष्य मिला। सभी सर्वेक्षणो में ग्रेव़ (grab) (चित्र-**2**), बूमरॅंग ग्रैव (चित्र-**3**), फोटो बूमरॅंग ग्रैब और बॉक्स कोअरर (चित्र-**4**) जैसे यंत्र प्रतिचलयक (sampler) से समुद्रतल के बहुधात्विक पिण्डों की प्रचुरता (abundance) का पता लगाया। साथ में भूभौतिकी (geophysical) उपकरणों की सहायता से पृथ्वी का चुंबकीय और गुरूत्वाकर्षण क्षेत्र की अधिकतम जानकारी हासिल की गयी। प्रतिध्वनि यंत्र (echosounder) की मदद से समुद्रतल पर मौजूद कई उच्च- शीर्ष पहाडों की श्रृंखलाए ढूंढ निकाले गये। वैज्ञानिकों के महत्वपूर्ण प्रयास से, **1994** से **2002** तक अनुप्रयुक्त क्षेत्र का **50** % हिस्सा (**75000** वर्ग कि. मी. क्षेत्र) अन्तर्राराष्ट्रीय समुद्रतल प्राधिकरण (ISBA) को कुल तीन अवस्था (phase) में वापस किया (relinquished) गया, और **2007** में अपने स्वामित्व के (allotted) **75000** वर्ग कि. मी. क्षेत्र में प्रथम उत्पादन खनन स्थल निश्चित कर दी गयी (चित्र-**5**)। बहुधात्विक पिण्डों के अनुसंधान और सर्वेक्षण के साथ ही देश के पास अब इन पिण्डों से धातु निकालने का, **5000** मी. गहरे समुद्री सतह से पिण्ड निकालने की सुयोग्य खनन प्रणाली तैयार करने का (mining system), तथा खनन के कारण समुद्र तल पर होने वाले सभी तरह के बदलाव तथा पर्यावरण का अभ्यास जैसे कार्यक्रम आरम्भ हो गये हैं, जिन में वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद (CSIR) की कई राष्ट्रीय प्रयोगशालाओं का योगदान है।



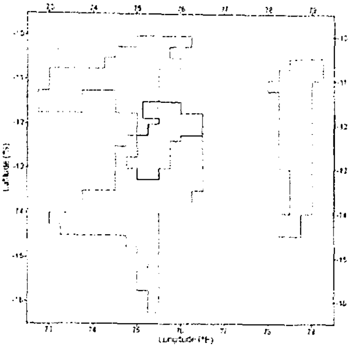
चित्र-**2**. पीटरसन ग्रेव़



चित्र-**3**. बूमरॅंग ग्रेव़



चित्र-**4**बॉक्स कोअरर



चित्र-5. भारतीय अनुपयुक्त क्षेत्र (150000 कि. मी^{2}., लाल) तथा प्रथम उत्पादन खनन स्थल (FGM, नीला) क्षेत्र

प्रत्येक वहुधात्विक पिण्ड स्टेशनों से चुने हुए पिण्डों का प्रयोगशाला में रासायनिक विश्लेषण किया गया और पिण्डों में मेंगनीज, लोह, तांवा, निकल और कोवाल्ट की मात्रा का पता लगाया गया। तांवा, निकल और कोवाल्ट की एकत्रित मात्रा (श्रेणी) के आंकडे तथा नक्शे तैयार किये गये। अगस्त 1987 में अर्न्तराष्ट्रीय समुद्रतल प्राधिकरण ने और संयुक्त राष्ट्र संघ ने मिलकर भारत देश को मध्य हिन्द वेसिन के 150000 वर्ग कि. मी. अनुप्रयुक्त क्षेत्र के समुद्रतल पर खनन स्थल की स्रोत के लिए सर्वेक्षण की अनुमति और `सम्पूर्ण स्वामित्व' के अधिकार प्रदान किये गए (वळसंगकर, 2003)। इसके वाद, सर्वेक्षण के साथ ही मध्य हिन्द वेसिन में, वहुप्रतिध्वनि यंत्र (multibeam echosounder) द्वारा समुद्रतल के पृष्ठभाग का पूरा नक्शा तैयार किया गया। इन्ही नक्शों के आधार पर, समुद्रतल के नये दरार क्षेत्र तथा पहाडी श्रृंखला की खोज की गयी।

वर्तमान कार्यकलाप

देश के पास अव मध्य हिन्द सागर में सम्पूर्ण स्वामित्व का 75000 वर्ग कि. मी. क्षेत्र है। यहाँ प्रथम उत्पादन खनन स्थल के लिए 18400 वर्ग कि. मी. क्षेत्र निश्चित किया गया है। अतः, इस क्षेत्र में अधिक विवरण के लिए आधुनिक उपकरणों के साथ सर्वेक्षण होना जरूरी है। यहॉं के वहुधात्विक पिण्ड समुद्रतल के तलछट के नीचे दवे होने के कारण कैमरे से लिए गए 50000 तस्वीरों में भी दिखाई नहीं दिये (शाम प्रसाद, 2007)। इसिलिए, प्रचुरता की व्योरेदार जानकारी के लिए, समीप - स्थित ग्रिड अन्तराल (close grid) से प्रतिचयन (sampling) होना वहुत जरूरी है। अभी तक यह प्रतिचयन @ 110, 50, 25 और 12.5 कि. मी. से हुआ था मगर अव यह प्रतिचयन @ 6.25 कि. मी. से होने की आवश्यकता है। वहुधात्विक पिण्डों को विशिष्ट तापमान पर आम्ल प्रक्रिया कर के तांवा, निकल और कोवाल्ट धातु के साथ गॅग (gangue) के रूप में मैंगेनीज भी मिल सकता है। इसलिए इन सभी स्त्रोतों की पुनः मूल्यांकन किया जा रहा है। सम्पूर्ण स्वामित्व के 75000 वर्ग कि. मी. क्षेत्र में 382×10^6 (million) मे. टन सूखे वहुधात्विक पिण्ड होने का अनुमान लगाया जाता है। वाकी धातु तालिका-1 में दिए है।

तालिका-1. सम्पूर्ण स्वामित्व (allotted) के 75000 वर्ग कि. मी. क्षेत्र में के सुखे वहुधात्विक पिण्डों में सामरिक (strategic) धातुऍं का अनुमान (शाम प्रसाद, 2007 से)

	धातु	मे. टन (X 10^6)
1	मैंगेनीज	95. 2
2	तांबा	4.5
3	निकल	4.5
4	कोबाल्ट	0.4

वहुधात्विक पिण्डों में मुख्य धातु तालिका-2 में दिए है।

तालिका-2. वहुधात्विक पिण्डों में महत्वपूर्ण धातुऍं (वळसंगकर, 2003 से)

	धातु	औसत (%)
1	मैंगेनीज	24. 3
2	लौह	6.6
3	तांबा	1.1
4	निकल	1.1
5	कोवाल्ट	0.1

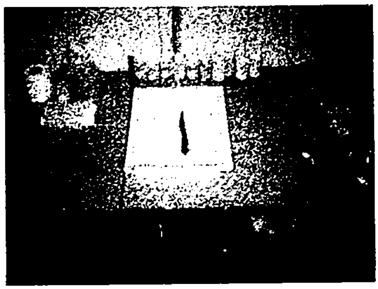
उच्च संकल्पीय नक्शा उपकरण (high resolution mapping) के सहारे गहरे समुद्र में स्थित छोटे-मोटे ढाल, टेकरी, पहाड़ी श्रृंखला, दरार क्षेत्र आदि की जानकारी पा सकते है। खडी ढाल होने से खनन प्रणाली में कठिनाईयों पैदा होकर हानि हो सकती है। इसी कारण दूर अन्तर से प्रभावित की जानेवाली आरओव्ही (ROV) जेसे उपकरणों की मदद लेना जरूरी है।

प्रमुख संशोधन

वहुधात्विक पिण्ड परियोजना में तलछट और पिण्डों पर 1982 से अनेक विषयों पर संशोधन हुआ है जो अव तक जारी है। इनमें प्रमुखतः भूगर्भिय-रसायन (geochemistry) की मदद से कई जानकारियां प्राप्त हुई है। रूप-विज्ञान (morphology) से यह ज्ञात हुआ है कि मध्य हिन्द वेसिन में अनेक आकारवाले 13 प्रकार के वहुधात्विक पिण्ड है जिनका व्यास 1 से 10 मि मी रहता है (चित्र-6, 7 और 8), और छोटे तथा मध्यम व्यास वाले खुरदरे वहुधात्विक पिण्डों में तांवा, निकल और कोवाल्ट की श्रेणी सवसे ज्यादा यानी 2.5 % होती है (वळसंगकर, 1995)। ज्यादा श्रेणी का प्रमुख कारण छोटे वहुधात्विक पिण्डों में टोडोरोकाईट खनिज की उपस्थिती है। तलछट में चूना (calcareous), मिट्टी (pelagic), और सिलीसिअस प्रकार प्रमुख है। वहुधात्विक पिण्ड वनने में तलछट के छिद्र में वन्द पानी (pore water, चित्र-9) की और जैविक जीवों की महत्वपूर्ण भूमिका होती है (चित्र-10, वॅनर्जी और अय्यर, 1991)। तलछट के भूतकनीकी (geotechnical) गुणधर्म का उपयोग खनन यंत्रणा वनाने में हो सकती है। मध्य हिन्द वेसिन में तलछट की गाद मिट्टी (silty clay) का अपरूपण वल (shear strength, चित्र-11) 0 से 14 kPa है (खादगे, 1995)। आगे चल कर इन गुणधर्मो का उपयोग वहुधात्विक पिण्ड खनन से समुद्री पर्यावरण प्रभाव के निर्धारण (assessment) करने में हो सकता है (चित्र-12)।

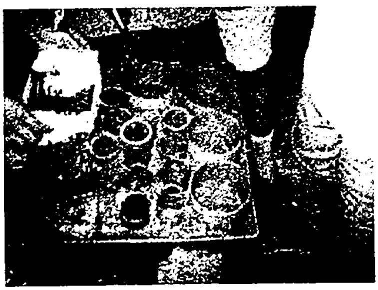
चित्र-6. समुद्रतल पर बहुधात्विक पिण्ड. चित्र-7. तलछट में दबे पिण्ड. चित्र-8. ड्रेज से निकाले हुए बहुधात्विक पिण्ड

चित्र-9. तलछट के छिद्र में से बन्द पानी (pore water) निकालने की कियापद्धति।



चित्र-10. तलछट और बहुधात्विक पिण्डों के साथ रहनेवाले जैविक जीव।

चित्र-11. वेन अपरूपण बल (Vane shear strength) मापन यंत्र।



चित्र-12. समुद्री पर्यावरण प्रभाव निर्धारण (EIA) अभ्यास के लिए 5000 मी. गहराई से लिए गए तलछट के नमूने।

निष्कर्ष

देश के सर्वांगिक विकास के लिए सभी धातुओं के खनिज होना आवश्यक है। वहुधात्विक पिण्डों से 80 विभिन्न धातुएँ पाई जा सकती हैं लेकिन उनमें से केवल तांवा, निकल और कोवाल्ट जो सामरिक (strategic) महत्व के खनिज है, उनके स्थलीय भंडार अधिक प्रयोग के कारण वहुत शीध्र लुप्त होने की आशंका जताई जाती है। इसलिए, अन्तर्राष्ट्रीय समुद्र तल प्राधिकरण से भारत देश को हिन्द महासागर में मिली 75000 वर्ग कि. मी. क्षेत्र में से 5000 मी. औसत गहराई से वहुधात्विक पिण्डों को निकालने की योजना काफी उत्साहपूर्ण तथा महत्वपूर्ण कदम है।

आभार

लेखक, राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान (सी. एस. आय. आर.), गोवा के निदेशक महोदय का प्रकाशन पूर्व अनुमति के लिए आभार व्यक्त करते हैं और भूविज्ञान मंत्रालय (MoES), नई दिल्ली द्वारा वित्तीय सहयोग के लिए आभारी है। प्रस्तुत लेख का राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान का योगदान रू 5090 है।

संदर्भ

वॅनर्जी, आर. और अय्यर, एस. डी., 1991. वायोजनिक इन्फ्लूयंस ऑन द ग्रोथ ऑफ फेरोमेंगेनीज मायकोनोडयूल रिसोर्सेस इन द सेन्टल इंडियन ओशन. मरीन जिऑलॉजी, 97, 413-421.

खादगे, एन. एच., 1995. प्रिलिमिनरी जिओटेक्निकल ऑफ डपि सी सेडिमेन्टस फॉम द सेन्टल इंडियन ओशन

वेसिन. प्रोसिडिंग, फर्स्ट आयसोप ओशन मायनिंग सिम्प. नोव्हें., 21-22, सुकुवा जापान, 55-60.

मेरो, जे. एल., 1965. द मिनरल रिसोर्सेस ऑफ द सी., इल्सेवीयर, ॲम्स्टरडॅम, 312.

वळसंगकर, अे. वी., 1994. समुद्रीय वहुधात्विक पिण्डों की उत्पत्ति और उपयोग. वैज्ञानिक. अप्रैल-जून 1994, 36-39.

वळसंगकर, अे. वी., 1995. नोडयूल साईजः ॲन इंपॉर्टन्ट फॅक्टर इन नोडयूल मायनिंग?.

प्रोसिडिंग फर्स्ट आयसोप ओशन मायनिंग सिम्प. नोव्हें., 21-22 सुकुवा जापान, 113-118.

वळसंगकर, अे. वी., 1997. मध्य हिन्द महासागर के उपयुक्त वहुधात्विक पिण्ड तथा समुद्री पर्यावरण. `समुद्र मंथन',

अ. ग. उंटवाले, ओ. श्स. चौहान, अ. चटर्जी, एस. पी. शर्मा, और उ. कु. सिंह (संपादक मण्डल) राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान, गोवा, 39-43.

वळसंगकर, अे. वी., 2003. वहुधात्विक पिण्डों के खनन में संग्राहक यंत्र का महत्व. `सागर वोध', एस. पी. शर्मा, और उ. कु. सिंह (संपादक मण्डल), राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान, गोवा, 64-69.

शाम प्रसाद, एम., 2007 इन्डियन एक्स्प्लेरेशन्स फॉर पॉलिमेटॅलिक नोडयूल्स इन द सेन्टल इन्डियन ओशन। रिफ्रेशर्स कोर्स ऑन मरीन जिऑलॉजी ॲण्ड जिओफिजिक्स लेक्चर नोटस, राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान, गोवा, 52-62, (अप्रकाशित).