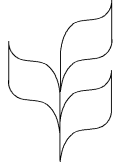




CBD



生物多样性公约

Distr.
GENERAL

UNEP/CBD/SBSTTA/8/9/Add.2
27 November 2002
CHINESE
ORIGINAL: ENGLISH

科学、技术和工艺咨询附属机构
第八次会议
2003年3月10日至14日于蒙特利尔
临时议程*项目 5.2

海洋和沿海生物多样性：工作方案的 审查、进一步制订和完善

海水养殖问题特设技术专家组的报告摘要

执行秘书的说明

执行摘要

海水养殖问题特设技术专家组是缔约方大会第四届会议在通过海洋和沿海生物多样性工作方案（第 IV/5 号决定，附件）时成立的。成立该专家组的目的是协助科学、技术和工艺咨询附属机构（科咨机构）进行关于海水养殖课题的工作。专家组的任务规定指示其：

(a) 评估关于海水养殖对海洋和沿海生物多样性所造成影响的科技知识的现状。

(b) 就避免海水养殖及其导致的品种改良对海洋和沿海生物多样性造成的有害影响，并增加海水养殖对海洋和沿海生产力造成的有益影响的标准、方式、技术和最佳做法提供指导意见。

在评估关于海水养殖对海洋和沿海生物多样性所造成影响的知识现状时，专家组指明了主要的海水养殖物种和方式，并指明了这些方式对生物多样性造成的影响（第二节）。专家组同意，所有形式的水产养殖都在遗传、物种和生态系统各层次对生物多样性产生影

* UNEP/CBD/SBSTTA/8/1

为节省经费起见，本文件印数有限。请各代表携带文件到会，不索取更多副本。

响，但是，在某些情况下，海水养殖也能够增加局部的生物多样性（第四节）。海水养殖的主要影响包括：栖息地退化、破坏取食系统、消耗自然育种群、传播疾病、以及减少遗传多样性。像化学品和药物这样的污染物对生物多样性造成的影响尚未得到很好的研究，但人们普遍认为，这些影响是有害的。

当前有很多方式和技术可用于避免海水养殖对生物多样性造成的有害影响，本文件第三节概述了这些方式和技术。最重要的方式和技术有正确的选址和最佳管理办法，包括正确的饲养办法。其他减轻影响的措施包括把不同物种放在一起养殖（混养），以及采用封闭系统，特别是再循环系统。通过改善管理做法和改进其他技术，可以避免很多其他影响。本文件第五节介绍了若干关于水产养殖的国际和区域原则、标准和认证程序。

提议的建议

谨提议科学、技术和工艺咨询附属机构：

(a) 欢迎海水养殖问题特设技术专家组的报告摘要以及作为资料文件提交的该专家组的报告正文；

(b) 表示感谢联合国粮食及农业组织（粮农组织）为海水养殖问题特设技术专家组的会议提供技术支持和会议设施；

(c) 注意到本文件第二节所述海水养殖对生物多样性的有害影响、以及下文第三节所述减轻这些影响的现有方式和技术；

(d) 还注意到如下文第四节所述，海水养殖可以对生物多样性产生某些有益的影响；

(e) 促请各缔约方和其他国家政府采取有关方式和技术来避免海水养殖对海洋和沿海生物多样性造成的有害影响，并将这些方式和技术纳入本国的生物多样性战略和行动计划；

(f) 意识到海水养殖活动的复杂性、不同地区之间在具体条件、海水养殖做法和养殖物种方面的巨大差异、以及将对减轻有害影响的备选办法发生作用的社会、文化和经济条件，从而建议缔约方和其他国家政府采用以下具体方式、技术或做法来避免海水养殖对生物多样性产生的有害影响：

(一) 针对海水养殖开发活动强制实行环境影响评估或类似的评估和监测程序，在这方面适当注意海水养殖活动的规模和性质以及生态系统的承载能力，同时考虑到缔约方大会在第 VI/7 号决定中通过的关于把生物多样性考虑因素纳入环境影响评估法律和/或程序，并纳入战略性环境评估的准则。有必要在生物多样性的所有层次处理可能产生的近期、中期和长期影响；

(二) 在海洋和沿海地区综合管理的框架内制订切实有效的选址办法；

- (三) 制订切实有效的污水控制方式；
- (四) 为保护生物多样性制订适当的孵化一级和针对繁殖地区的遗传资源管理计划，包括采用冷冻保存技术；
- (五) 制订受控制的低成本孵化方式和无损于遗传的繁殖方式，并提供这些方式以供推广，以便避免从自然采种；
- (六) 采用经过挑选的捕鱼工具，以便在从自然采种时避免/尽量减少混捕；
- (七) 利用本地物种进行海水养殖；
- (八) 采取切实有效的措施来防止海水养殖物种和能育多倍体的意外释放；
- (九) 通过改善饲养技术来避免使用抗生素；

(g) 促请各缔约方和其他国家政府为实现可持续的海水养殖采用最佳管理做法并作出法律和体制安排，特别是意识到，《负责的渔业行为守则》为在国家、区域和国际各级建立法律和政策框架提供了必要的指导意见，从而执行该《守则》第9条以及关于水产养殖的其他条款；

(h) 请执行秘书对各种关于最佳海水养殖做法的文件进行一次全面研究，并在缔约方大会第七届会议之前通过信息交换中心机制传播审查结果以及有关的个案研究报告；

(i) 核准下文附件一所载海水养殖问题特设技术专家组指明的研究和监测重点，并建议将这些重点作为海洋和沿海生物多样性工作方案的一部分予以实施；

(j) 建议执行秘书与联合国粮食及农业组织和其他有关组织协作，探讨执行这些研究和监测重点的途径和方式，包括评估可以利用海水养殖来恢复或维护生物多样性的方式；

(k) 建议执行秘书与联合国粮食及农业组织和其他有关组织协作，协调关于海水养殖的术语，以供今后编制并通过联合国粮食及农业组织的词汇表；

(l) 表示支持为处理海水养殖对生物多样性造成的跨界影响，例如传播疾病和引入外来侵入物种，所进行的区域和国际协作；

(m) 决定促进技术交流和培训方案以及工具和技术的转让；

(n) 建议缔约方大会探讨有无必要通过财务机制向发展中国家缔约方提供资助，用以开展由国家推动的活动，来加强减轻海水养殖对生物多样性所造成有害影响的能力。

目录

	<i>页次</i>
执行摘要.....	1
提议的建议.....	2
一. 背景.....	5
二. 评估关于海水养殖对海洋和沿海生物多样性所造成影响的知识的现状.....	5
A. 规模和主要物种.....	5
B. 方式.....	6
C. 主要类型的海水养殖对生物多样性的影响.....	7
三. 避免海水养殖对海洋和沿海生物多样性产生的有害影响.....	10
A. 通过最佳选址和改进管理方式来减轻投入养分所产生的影响.....	10
B. 通过改进管理方式来减少废料.....	11
C. 采用封闭和再循环系统（进行有鳍水族和虾类的养殖）.....	12
D. 综合海水养殖（混养）.....	12
E. 在水产养殖设施中生产幼苗，而不是从野生环境中捕捞幼苗.....	13
F. 减轻抗生素产生的影响.....	13
G. 减轻杀虫剂、杀鱼剂和杀寄生虫药的影响.....	14
H. 减少对荷尔蒙的使用.....	14
I. 预防疾病的传播.....	14
J. 防止逃逸.....	15
四. 加强海水养殖对海洋和沿海生物多样性和生产力的有益影响.....	15
五. 与生物多样性有关的海水养殖准则.....	16
A. 原则与标准.....	16
B. 认证.....	17
<i>附件</i>	
一. 为今后的研究活动和监测项目提出的建议.....	19
二. 参考文献.....	21

一. 背景

1. 海水养殖问题特设技术专家组是缔约方大会第四届会议在通过海洋和沿海生物多样性工作方案（第 IV/5 号决定，附件）时成立的。成立该专家组的目的是协助科咨机构进行关于海水养殖课题的工作。缔约方大会第五届会议在第 V/3 号决定中核准了专家组的任务规定。专家组的工作是为了帮助执行海洋和沿海生物多样性工作方案的方案基本组成部分 4（海水养殖）。这个方案基本组成部分的业务目标如下：

“评估海水养殖对海洋和沿海生物多样性产生的影响，并促进采用尽量减少这种有害影响的技术”。

2. 专家组的任务规定要求其：

(a) 评估关于海水养殖对海洋和沿海生物多样性所造成影响的科技知识的现状；

(b) 就避免海水养殖及其导致的品种改良对海洋和沿海生物多样性造成的有害影响，并增加海水养殖对海洋和沿海生产力造成的有益影响的标准、方式、技术和最佳做法提供指导意见。

3. 第 V/3 号决定第 15 段还请专家组查明海水养殖方面的最佳做法。

4. 专家组于 2002 年 7 月 1 日至 5 日在罗马的粮农组织总部举行了会议。专家组的报告正文开列了其全部成员，将把报告正文作为资料文件在科咨机构第八次会议上分发。粮农组织渔业资源司的工作人员为会议提供了后勤和技术支持。

5. 本说明在第二节评估了关于海水养殖对海洋和沿海生物多样性所产生影响的科技知识的现状。这一节是根据任务规定部分(a)编写的，讨论了主要的海水养殖物种和方式及其产生的影响。第三节提出了避免海水养殖对海洋和沿海生物多样性造成的有害影响的标准、方式、最佳做法和技术，第四节则讨论了增加海水养殖的有益影响的问题。以上各节是根据任务规定部分(b)编写的。此外，本报告在第五节概述了现有的关于海水养殖的国际和区域指导意见。

二. 评估关于海水养殖对海洋和沿海生物多样性所造成影响的知识的现状

A. 规模和主要物种

6. 海水养殖指的是在微咸水或海洋环境中种植和饲养海洋植物和动物。海水养殖的产量与养殖的淡水生物的吨数相比，仍然很小，但正在全球范围内不断增长。粮农组织的统计数字显示，海水养殖的产量已从 1990 年的大约 900 万吨增加到 1999 年的 2,300 多万吨。然而，这一增加是提高仅仅少数几个物种的产量的结果。专家组的报告正文根据 2000 年的粮农组织统计数字开列了产量最大的海水养殖物种。

B. 方式

7. 尽管养殖的海洋生物种类繁多，可以把采用的方式归纳为少数几个基本的办法。尽管有很多对水产养殖的种类进行归纳的方式（例如自养与异养），本文提出的海水养殖方式是按照常识办法进行归纳，以使其生物多样性影响易于发现和观察。专家组的报告正文详细介绍了每一种养殖方式。养殖方式的分类如下：

(a) *软体动物*：

(一) 垂直或网架养殖；

(二) 垂式养殖；

(三) 海底养殖；

(四) 陆地水池养殖；

(五) 海上放养；

(b) *棘皮动物*：

(一) 水池养殖；

(二) 网箱养殖；

(三) 海上放养；

(c) *甲壳动物*：

(一) 水塘养殖；

(二) 水道养殖；

(三) 网箱养殖；

(四) 海上放养；

(d) *海水植物*：

(一) 悬浮养殖（延绳、筏、网）；

(二) 海底养殖；

(三) 水池养殖；

(c) 有鳍水族:

(一) 网箱养殖（岸上和离岸）；

(二) 鱼栏养殖；

(三) 水塘和水道养殖（流水系统和再循环系统）；

(四) 海上放养。

8. 混养指的是在同一个系统内养殖两种或更多种属于不同食性层次的物种，这种养殖办法在淡水水产养殖中具有很长的历史，在中国尤其如此。某些海水混养的例子包括：在水塘中养殖双棘石斑鱼和锯缘青蟹；在海洋网箱中养殖遮目鱼和篮子鱼；在鲑鱼网栏上悬浮养殖扇贝；虾和扇贝；结合像饲养有鳍水族的网箱这样的活水式海水养殖结构养殖虾夷扇贝、日本海藻和海参。

C. 主要类型的海水养殖对生物多样性的影响

9. 所有形式的海水养殖，无论是其有形结构还是经济动机如何，都在遗传、物种和生态系统各层次对生物多样性产生影响。海水养殖会使栖息地发生变化、退化或毁坏，干扰取食系统，消耗自然育种群，传播疾病并降低遗传多样性。例如，沿海红树林被改造为虾塘，封闭或半封闭的水域受到增加养分（或剥离养分）的影响，海底栖息地受到双壳类动物海底养殖做法以及沉降的影响。本节概述了海水养殖对生物多样性产生的主要影响。专家组报告的正文则全面讨论了这个课题。

10. 在某些情况下，海水养殖也能够增进本地的生物多样性，例如，海水养殖场可以吸引鸟类，作为物种聚集装置的人造礁石会增加生物多样性。就地重新栽植珊瑚的方案也证明对珊瑚礁的生物多样性产生了有益的影响。¹

11. 根据为产生生物量所使用的能源来源，可以把海水养殖划分为：

(a) 本地有机物或“自然”取食系统，例如海藻养殖以及贻贝或牡蛎的筏式养殖。这种养殖做法的能源来自日照，或来自已经存在于自然生态系统的养分来源，对生物多样性的有害影响一般较少。在某些情况下，这种做法甚至对生物多样性产生有益的影响；

(b) 外来有机物或“人工”饲养系统，例如在网和水塘中养殖鱼虾。这种养殖做法的能源主要来自饲养者提供的饲料，破坏自然生态系统的可能性较大。

12. 所有环境影响都在很大程度上取决于具体生态系统的敏感性，或取决于生态系统的类型。因此，某些湿地栖息地和生态系统特别易于受到损害，例如那些或是由于其稀有性，

¹ Ekaratne, 个人通信。

或是由于容易被改变，被确定为受到威胁或脆弱的生态系统。这样的生态系统包括红树林、港湾、海草床、珊瑚礁以及某些海底群落。在任何一个生态系统内，具体的影响将取决于各种养殖做法所需要的不同承受能力，然而，关于这些需要的了解很贫乏。

13. 在养殖作业副产品的归宿方面，某些物质，包括有机形式的氮和磷以及硫酸盐，通常下沉到海洋深处，而二氧化碳、溶解的有机碳以及各种养分（例如氨和磷酸盐）则经常进入水柱。海底群落（例如微生物和吸收养料的悬浮生物）以及海洋群落的结构将改变其移动路线。这些群落的结构和功能都将随着这些过程而改变。

14. 在接受排放的污染物，例如海水养殖所使用的化学品、药物和其他添加剂的地区，生物多样性面临的潜在危险没有得到足够的研究。由于无法得到关于适当使用方法的信息，某些水产养殖业者对一些化学品（例如抗生素）使用不当。推销员或制药公司也可能鼓励不当的使用办法。通常使用的化学品包括抗生素、杀虫剂、消毒剂、防污剂和荷尔蒙。

15. 很多用来控制寄生虫和真菌的杀虫剂即使数量低于化学检测限度，依然对生物产生影响。这些杀虫剂对海洋环境的影响没有得到很好的研究，但人们通常认为其影响是有害的。

16. 化学品还被用作防污剂和消毒剂。发达国家已经禁止把 TBT 这样的防污剂用于水产养殖，但这些防污剂仍在其他国家使用，对生物多样性产生影响。

17. 荷尔蒙被用于诱发或防止生殖系统的成熟、改变性别或促进生长。与有控制地在单个亲体动物上进行注射相比，在水和饲料中投放荷尔蒙显然引起更多的关注，因为通过这两种办法投放的荷尔蒙很容易进入周围的水域，并在环境或水产品中存在很长时间。荷尔蒙的使用情况没有得到良好记录，有时在不充分了解所需剂量的情况下就被使用。

18. 养殖物中的寄生虫不仅对水产养殖业者构成问题，而且影响环境中的其他生物体。例如，在不列颠哥伦比亚，对于移栖的太平洋鲑鱼中 *Parvicapsula* 感染率的上升，人们提出的理论之一，是感染来自一个养鱼场。人们怀疑，这种寄生虫与鲑鱼移栖行为的深刻变化有关，这些变化导致产卵前的大规模死亡，并也许导致种群一级生物多样性的急剧丧失。²

19. 所养殖的高价值海洋食肉物种需要食用掺入动物蛋白质的饲料。养殖这些食肉物种，例如鲑鱼、鳟鱼和鲷鱼，所造成的最明显影响，是饲料中的蛋白质在数量上超过收获后为人类所消费的蛋白质。这些饲料大部分以鱼粉和鱼油的形式来自海洋，掺入鱼饲料的鱼粉所占百分比在 1988 年为 10%，在 1994 年为 17%，在 1997 年已上升至 33%。³ 虽然正在开发植物蛋白质，以便作为掺入鱼饲料的蛋白质来源，但完全取代鱼粉中的鱼油是不可能的，原因是后者有利于抵抗鱼类疾病的能力。

20. 由于捕捞小鱼将其加工为鱼粉，减少了像鳕鱼这样的其他具有商业价值的食肉鱼类和

2 C. Wood, 个人通信, 2002 年。

3 Davenport 与他人, 付排中。

像海鸟和海豹这样的其他海洋食肉动物可以在食物网中得到的食物。Pauly 与其他人（1998 年）指出了水产养殖中的一个重大趋势，这就是“养殖食物链上层的物种”，他们认为，这个趋势导致了“捕捞食物链下层物种”的全球性问题。然而，这一论点继续引起争论。由于水产养殖业日益强化，特别是在亚洲的强化，并由于这种养殖集中于价值较高的食肉物种，饲料生产的增长正在不可避免地增加对捕捞渔业的依赖程度。应该进一步探讨捕捞渔业和养殖渔业给海洋渔场带来的竞争性。

21. 双壳类动物的养殖消耗海洋食物网中的养分。然而，这种养殖只有在过多地消耗水柱中的碳和氮，减少了其他食草动物和浮游植物的养分，从而影响浮游动物和其他海洋食草动物的生长和繁殖的情况下，才会对生物多样性产生有害影响。双壳类动物吸收水中的某些悬浮物质，并使其变成密度更大的微粒，沉到水底。长期和广泛的双壳类动物养殖有可能改变沿海的食物网，从而改变富营养化过程。

22. 栖息地的丧失或变化如果也改变了其他物种的生活条件，会造成生物多样性影响。由于使用破坏性工具从栖息地采种，例如从环礁湖底层的栖息地采种，栖息地被毁坏或改变。海水养殖不仅占用海湾和海洋的空间，而且占用附近浅海滩的空间，而且经常占用很多空间。由于把潮间湿地改造为虾塘，并修建公路、堤坝和水渠，使热带的大海底栖息地受到威胁，在拉丁美洲和亚洲尤其如此。作为野生虾类和鱼类种群哺育场所的潮间沼泽地和红树林逐渐消失，因此，红树和沼泽草类产生的进入沿海食物网的腐质也有所减少。在为收获排干水塘时，将把疾病、抗生素和养分释放到港湾和沿海水域。在沿海地区造成的影响尽管可能规模很大，但得到的研究仍然很贫乏。

23. 对非目标物种造成的局部影响或更为广泛的影响，例如从野生物种采种所造成的混捕，没有得到很好的研究。如果在养殖系统中没有任何办法对繁殖进行人为控制，或虽然有这种办法，但当地饲养业者没有能力采用，通过人工收集鱼苗以进行饲养的办法会大量减少生物量和生物多样性。例如，为了捕捉一只虎虾的幼虾，会连带捕捞 1,400 个其他大型浮游动物。

24. 在网和鱼栏养殖中，拥挤和高压力的环境经常触发传染病。传染病有时来自野生鱼类身上天然存在的生物体，在其他情况下，致病生物体则是外来的。

25. 海水养殖的遗传影响各有不同，对于生物多样性具有很重要的意义。与上文所讨论的很多其他影响不同的是，为了了解遗传影响，需要高度了解养殖种群和野生种群的遗传结构，但我们不了解任何物种的遗传结构。随着出现新的分析技术，鱼类分子遗传学领域刚刚开始迅速发展。养殖海洋动物所造成的遗传影响或是意外造成的（由于养殖动物的逃逸所造成），或是有意的（品种改良或海上放养），并有可能造成遗传多样性的丧失。种群内多样性的这种减少对于养殖种群不一定是坏事，但是，如果养殖种群与野生的临近种群相混合，有可能对物种的生存产生长期影响。

26. 经常有人提出把养殖经过绝育的鱼作为减轻影响的技术。然而，绝育的鱼虽然无法形成野生种群，也不能与野生鱼杂交，但仍然能够与野生鱼争夺食物，传播疾病，并干扰野

生孵卵区。逃逸或释放的能育四倍体可能试图与野生鱼交配，降低产卵的全面成功率。转基因技术（尚未用于商业海水养殖）如果使引入的 DNA 导致转基因鱼类的生态作用发生重大变化（例如增加其体积或使用新的食物来源的能力），有可能造成生态影响。例如，如果引入某种基因来使转基因鱼类加速生长，会使这些鱼在争夺食物或产卵地的时候战胜野生鱼，而通过遗传工程增加了抗寒能力的鱼会侵入更加靠北的物种的活动范围。此外，还可能出现意料之外的多效性（多重）影响。

27. 由于世界上的很多水产养殖都依赖于在其本地活动范围以外的物种，逃逸是一个不断令人关注的生物多样性问题。逃逸的养殖品种带来的很多外来海洋物种已经在远离其本地活动范围的地方牢固地定居。逃逸生物的可以自我维持的种群一旦定居，便有可能通过若干方式与本地生物群落相互发生作用，这些方式包括：捕食、竞争和甚至消灭本地物种。如果逃逸的物种占据的微生境与本地物种的相同，风险可能更大，因为逃逸的物种将更为可能与本地种群相互作用，并影响其生存。对于自然种群从养殖基因的渗入中恢复过来的能力，迄今进行的研究很少。

三. 避免海水养殖对海洋和沿海生物多样性产生的有害影响

28. 尽管海水养殖对生物多样性产生各种有害影响，但很多这些影响都能够被减轻或消除。在某些情况下，甚至有可能产生某些有益的与生物多样性有关的影响。必须指出，采用外来饲料的海水养殖（大多数有鳍水族和有壳类动物的养殖）与依靠在本地取食的海水养殖（滤食性动物、大海藻、食底泥动物的养殖）相比，产生的有害影响可能规模较大，而且较为严重。最有可能避免海水养殖对生物多样性所造成有害影响的办法包括：通过改进管理办法来减少废料、改变营养（重新配置饲料、减少使用的动物蛋白质、提高利用率）、和采用经过改进的技术，例如“封闭系统”。在这种封闭的水池或水塘中，可以对污水进行处理，以便避免化学物质、抗生素、疾病以及过剩养分的外流。专家组报告的正文介绍了有关的问题、影响、主要的减轻影响措施以及这些措施所起的作用。

A. 通过最佳选址和改进管理方式来减轻投入养分所产生的影响

29. 为了进行管理并减轻投入养分对环境造成的影响，最好的措施通常是正确地选址。在某些情况下，这些投入的养分会对本地生产力和生物多样性产生有益的影响。关键的问题是不让细菌降解导致养分丧失，而是使养分进入自然食物网，或在混养的情况下使其进入人工食物网。

30. 通过编制数学模型，可以帮助估计海水养殖活动产生的相对影响。然而，在编制这种模型的时候很难找到基本的资料，例如关于投入水体的其他养分的估计数。数学模型的类型包括用于选址的质量平衡模型和水文模型，并包括地理信息系统工具。此外，海洋和沿海地区综合管理（IMCAM）可以有助于优化空间分布和减轻海水养殖的影响。

B. 通过改进管理方式来减少废料

31. 污水废料所造成影响的程度取决于各种饲养参数，其中包括物种、养殖方式和取食类型，并取决于承受环境的物理、化学和生物性质。⁴ 来自海水养鱼场的废料可能包括含量很高的有机养分和无机养分。很明显，如果在养殖方式中采用鱼粉饲料，将向承受水域（以及原始的养分比率）中转移养分，这种转移会提高养分含量，最终导致富营养化。富营养化的定义是：“提高向某个生态系统供应有机物质的比率”。投入养分造成的影响是否导致富营养化将取决于承受环境的状态，而这种状态可能根据究竟是哪些因素限制了原始产量而在空间上发生短期或季节性变化。⁵

提高取食过程的效率

32. 可以通过提高食物转换过程的效率来尽量减少投入的养分。为了提高这种效率，可以改变饲料配方来提高适口性和摄取量，并减少浪费的食物。还可以通过选用某些高效率的鱼类、甲壳动物等等的品种来尽量减少影响。

33. 可以通过各种办法来减少进入环境的浪费饲料，其中包括：利用安装在海水网箱中的声学探测装置来减少颗粒饲料的损失；使用与投食装置连接的声纳来监测鱼在何时减少进食活动；采用收集和回收浪费的饲料的设备。

34. 如果无法得到自动和有控制的投食设备，可以提高养殖场职工的意识，使其更加了解饲料浪费造成的环境影响和经济影响，并进行高效率人工投食方面的培训，从而帮助减少使用的饲料。

减少食物中的氮和磷

35. 人们普遍认为，氮这种养分限制了海水中浮游植物的生长。因此，如果尽量减少有鳍水族养殖场直接输入环境的氮废料，可以把潜在的富营养化影响减至最低限度。通过使饲料配方近似于鱼类的进食需要，会降低饲料中的氮含量。特别需要指出，现代的饲料配方通常含有较多的类质，较少的蛋白质，从而促使食物转换比率全面降低，并减少了输入的含氮废料。

36. 养虾业者应该考虑在水塘中使用自然饲料，例如浮游植物和底层生物，来补充配方饲料。这个做法将减少在水塘中投放的外来养分。像通风、控制投食率和控制载畜量这样的水塘管理做法应该以增加水塘中的天然食物为目标。

37. 应该在虾类养殖中使用磷和氮含量低的配方饲料，以便降低水塘和相关水体中的富营养化的发生率。但是，朝着这个方向进展的速度很慢，其原因也许是虾饲料生产厂家缺乏

4 Wu, 1995。

5 Black, 2001。

环境意识。

改进虾塘管理

38. 养虾业者通常在换水的时候排放含有营养的水，并在每次收获结束的时候冲洗塘底的有机物质，将其排放到港湾内，引起严重的富营养化问题。在容易发生疾病或已经受到污染的地区，养殖做法出现了采用封闭系统的趋势，这种系统在养殖期间不需要外部来源供水。

39. 通过使用益生菌，最好是本地的益生菌，可以提高虾塘水质，从而改善食物转换比率，提高虾类产量，并使污水比以前干净。⁶

40. 在每次收获之后清除虾塘底部的淤泥，并提取沉积物中的养分，不仅能够防止港湾的富营养化，而且能够回收养分，以用于大量繁殖虾类孵化场中的海藻。⁷ 此外，应该在虾塘的管理中保证通过一个养殖有大型海藻、双壳动物和鱼类的蓄水池来处理所有虾塘污水，以便在排放入海或经过再循环重新灌入虾塘之前降低浊度，并减少氮和磷的含量。在其他情况下，可以有效地把滤食动物和虾类结合在一起饲养。

C. 采用封闭和再循环系统（进行有鳍水族和虾类的养殖）

41. 封闭的系统能够把驯化物种关闭在内部，使其无法同野生种群混合，阻止大部分养分微粒进入环境，并大大减少排出的溶解的养分。⁸ 这样的水再循环设施虽然价格高昂，但增加了在减少对养植物本身所带来风险的情况下进行长期规划的可能性，并将避免向沿海自然水系输出过多的养分。通过改进现代化水再循环设备的设计和提高了其工程效率，能够提高饲养密度，减少疾病，减少故障，降低经营成本，并降低造成沿海水域富营养化的可能性。

42. 大多数封闭系统都能够采用减少向沿海区域输出养分的机制。最简单的系统是可以定期清洗的有机物质微粒沉淀池。这样的系统被广泛用于淡水下海鲑鱼的养殖，其中常用的设备是生物过滤装置和曝气沉淀池。然而，大多数这样的系统在去除会导致富营养化的溶解氮方面的效率并不特别高。较为先进的再循环系统最多可以对水池中 80% 的水进行再循环。

D. 综合海水养殖（混养）

43. 混养在淡水水产养殖中有很长的历史（特别是在中国），并可以更多地应用于海洋环境。海水混养把双壳类动物、海草和海洋有鳍水族放在一起养殖。通过养殖这些互补性的

6 Devarajah 与他人，2002。

7 Yusoff 与他人，2001。

8 Ackefors 1999。

物种，一个物种产生的肥料可以被其他物种转换为蛋白质。例如，在有鳍水族生产中，没有消费的饲料经过过滤为悬浮进食的双壳类动物所消费，或与粪便混合在一起，为海草这样的初级生产者（直接收获的海草）或随后被双壳类动物食用的悬浮植物提供养分。

44. 虾类养殖所产生的含有大量生物质的污水也可以为双壳类动物所食用。很多物种可以滤出微粒，也可以利用污水中的小海藻。这些物种既包括具有商业价值的可收获物种，也包括可以用作鱼粉的没有价值的物种。这种形式的养殖保持了环境中的养分平衡，并提高了蛋白质生产的效率，因此显示出很有可能提高很多类型的水产养殖的可持续性。

45. 应该指出，为了减轻向海洋生态系统输出海水养殖的养分所造成的影响，需要了解本地和本区域接受养分的承载能力，并了解食物网和生态系统的过程。大多数环境影响评估和许可证的发放工作通常缺乏这样的研究。此外，还有必要使海水养殖与个体渔业和游钓活动结合在一起，以此作为帮助养分循环以及增加有益影响或抵消潜在有害影响的方式。

E. 在水产养殖设施中生产幼苗，而不是从野生环境中捕捞幼苗

46. 在养殖系统中，如果没有任何办法对繁殖进行人工控制，或本地养殖业者没有进行这种控制的能力，用人工收集鱼苗以供饲养的办法会使大量生物量丧失。应该把这种丧失与在未成年鱼参与繁殖之前对其进行捕捞所产生的影响联系起来。关于大量捕捞未成年鱼的记载并不充分，但是，已知这种捕捞可以打断本地种群的自然补充，从而影响物种的可持续性。此外，预计这种捕捞还会使浮游生物的生物多样性和食物网发生变化，并造成栖息地的破坏。应该强调，这些影响在很大程度上取决于物种的繁殖方式和生态系统的敏感性。通过采集野生种，以及随后进行的基因移植，还有可能通过影响本地物种的遗传资源多样性而导致生物多样性的丧失。一个虽然会影响社会活动，但是很有效率的减轻影响办法，是在水产养殖设施中生产幼苗，以此维持水产养殖的生产。通过实施这样一个计划，可以恢复受影响的生物多样性。

47. 可以考虑采用像冷冻保存这样的新技术来减轻影响，以便限制对野生种群造成的压力，并优化对亲体的管理和孵化一级的种子供应。此外，迫切需要建立遗传数据库，以用于评估遗传资源和预测养殖物种引起的任何变化。

F. 减轻抗生素产生的影响

48. 过度使用抗生素使人们广泛关注抗药性细菌的出现和选择。人们普遍接受的一个事实是，对抗生素的抗药性与经常在环境中使用抗生素有关。⁹

49. 应该进行关于使用办法和抗生素的有害影响的培训，以便确保正确地施用抗生素。在很多情况下，疾病的爆发是保健管理做法不当所引起的压力状况导致的，因为这种状况使得养殖的动物更加容易染上疾病。预先进行监测和采用正确的诊断办法经常是避免疾病爆

9 Hamilton-Miller 1990 和其他文章。

发的最佳做法。

50. 必须制订和实施关于减少使用抗生素的法规。应该更多地注意改进保健管理做法，以便减少压力因素。一些国家的水产养殖业出现的一个普遍趋势，是避免大量使用人造化学品，改为降低饲养密度和采用益生菌（用以改善水质）。

51. 这一趋势，再加上某些国家的公众对使用抗生素的抵制，已导致开展大量研究活动来研制海水养殖动物传染病的疫苗。疫苗可以非常有效地对付某些传染病。接种疫苗的办法可以是口服或注射，也可以是浸泡或喷洒。已经研制出的疫苗所预防的疾病包括：疖病、冷水弧菌病、弧菌病、耶尔辛菌病和爱德华氏菌病。

52. 应该鼓励在这个领域开展进一步研究，并应使养殖业公司密切参与这些研究。这样的技术开发活动通常需要经济援助，在发展中国家有其如此。

G. 减轻杀虫剂、杀鱼剂和杀寄生虫药的影响

53. 使用杀虫剂和杀鱼剂的目的是去除周围环境中的有害物种。这些药剂的残余物常常具有很高的毒性，会在水和沉积物中持续存在几个星期，经常杀死非目标生物。通过降低饲养密度，在养殖场之间保持足够的距离，采用疾病预防办法和实行一般性管理程序（包括进行适当的培训），将大大有助于防止使用化学品来控制外来寄生虫。另外的办法是采用全部封闭的系统。

H. 减少对荷尔蒙的使用

54. 取代使用荷尔蒙的办法包括：

(a) 实施正确的选育方案，这种方案能够提供更好的苗种，加强某些以前通过荷尔蒙来获得的特性；

(b) 在鲑鱼的工业化生产中采用光照期管理办法。这个办法也许是鲑鱼生产领域中最有成功希望的减轻荷尔蒙影响的措施。可以针对其他物种开发类似的技术；

(c) 可以考虑采用冷冻保存技术来减轻影响，以便优化对亲体的管理和孵化一级的种子供应。

I. 预防疾病的传播

55. 由于养殖物种中的若干疾病尚没有任何治疗办法，应该鼓励把预防作为减轻疾病传播所造成影响措施。应该鼓励改进针对已知疾病和新出现疾病举办的监测方案，并鼓励使用生物分子技术来进行诊断。

56. 减轻影响的措施应该包括应急措施，例如检疫站和对染病生物体实行彻底隔离，以便对其进行治疗或运到其他地方销毁。应该采用紫外线或臭氧技术对封闭系统内的污水进行

处理。

57. 为了避免疾病，应该制订动物检疫和运输规程，以便尽量减少疾病的传播。应该采用国际做法守则、协定和技术准则，以便尽量减少水生动物运输所导致的疾病传播风险。这方面的例子包括：国际兽疫局的《国际水生动物卫生守则》和《水生动物疾病诊断手册》、以及国际海洋考察理事会（ICES）的《海洋生物的引入和转移做法守则》。此外，有必要制订区域范围的准则，例如粮农组织/亚太水产养殖中心网络（NACA）最近（2000年）制订的《关于实行卫生管理以便负责任地运输海洋活动物的亚洲区域技术准则》以及《北京共识》和《执行战略》。应该进一步加强像亚太水产养殖中心网络、国际兽疫局、国际海洋考察理事会和粮农组织这样的区域和国际机构之间的协作，这样的协作应该包括在水生动物的跨界运输问题上进行密切合作。

58. 应该鼓励在养殖业中采用本地物种。此外，应该加强水生动物保健能力，同时改善试验设施、控制规程和治疗方式，以便尽量减少疾病传播引起的损失。

59. 除了以上所述，防治疾病传播的必要措施还包括：建立和执行协调的区域认证制度；建立区域标准实验室，以便实现诊断的标准化并核实诊断结果；建立关于水生动物保健问题的区域性培训方案，包括关于跨界运输、风险评估和应急计划的培训方案。

J. 防止逃逸

外来物种

60. 地域限制问题可能很棘手，在发展中国家尤其如此，但是，应该鼓励进行本地物种的海水养殖。可以在引入任何物种之前进行风险分析，以便评估可能造成的影响。改进管理做法可以限制逃逸动物的蔓延，包括在这些动物的繁殖范围以外选址，以便避免繁殖。如果与本地种群相互作用的风险有限，也可以建议养殖经过绝育的个体。在发生意外逃逸时，可以采用强制性的其他应急措施。

本地物种

61. 如果把养殖的本地物种释放到环境中，会导致种内遗传多样性的下降。同样，在物种的地域活动范围之内传播种苗会影响遗传多样性。因此，必须制订一项适当的亲体管理计划。另外一种减轻影响的办法是支持繁殖绝育个体，以便限制选定品种的蔓延。

四. 加强海水养殖对海洋和沿海生物多样性和生产力的有益影响

62. 海水养殖如果成为一项成功的经济活动，可以减轻通常受到采伐的水物种面临的掠食压力，从而能够帮助保护生物多样性。因此，水产养殖可以减轻局部的压力，但是，在

全球和间接影响方面，人们指责水产养殖为了获得鱼粉造成对水生资源的过度采伐。¹⁰

63. 海水养殖输出的养分会造成富营养化，并导致生物多样性的丧失。然而，输出到贫养至中养沿海地区的养分可以提高生产力和生物多样性，尽管可以提出反对意见说，这会改变自然条件。减少鲑鱼养殖所造成生态影响的办法之一，是防止细菌降解造成的养分损失。为达到这个目的，一个可行的办法是找到需要利用本地物种和生态系统过程的其他途径（来引导细菌降解）。使这些过程与海水养殖活动结合起来仍然是一项挑战。某些生态学理论提出，增加养分的投入会扩大食物网，并可能增加生物多样性，至少在一定的范围内如此。

64. 通过最佳选址（包括以最佳方式冲洗和处置养分），特别是增加底物的多样性，例如在底部松软的地方修建人造礁石，实际上可以帮助提高局部和整体的生产力，在贫养和中养生态系统中尤其如此。¹¹ Angel 与他在文章（2002 年）中介绍了通过在有鳍水族养殖场周围修建人造礁石，使环境状况得到适当改进的实例。其他可行的办法包括结合采用某些形式的有壳水生动物养殖或有壳水生动物生活的天然水底。应该探讨所有这些可能性。

65. 此外，应该指出，某些形式的海水养殖，例如有壳水生动物和大海藻的生产，可以通过提供栖息地结构和食物来帮助加强生物多样性。这样的效果可以加强食物网结构、通量以及海水养殖与野生鱼类和无脊椎动物之间的相互作用。

66. 过度捕捞和其他一些活动虽然与海水养殖没有直接关系，但是对生物多样性产生影响并消耗野生种群。可以把受控繁殖活动下的海水养殖视为促进生物多样性恢复的减轻影响过程。然而，应该通过一个在遗传方面妥善行事的亲体管理计划来达到这个目的，以便避免降低遗传多样性。

五. 与生物多样性有关的海水养殖准则

A. 原则与标准

67. 虽然还没有专门为了从环境角度出发管理海水养殖活动制订出任何国际公认标准，但已经通过了很多国家和地区一级的规定和法律，这些法规主要是以在科学上得到认可的环境标准为基础。然而，国际海洋考察理事会最近制订了有壳动物海水养殖环境影响评估文件的编制准则草案¹²，欧洲联盟资助的 MARAQUA 项目也提出了对海水养殖的环境影响进行评估的科学原则。正在对海水养殖业适用各种各样自愿的原则和标准，以便减少其环境影响和改进其公众形象。此外，缔约方大会在第 VI/7A 号决定中通过了把生物多样性所涉问题纳入环境影响评估的准则。

10 Soto 和 Jara 1999。

11 Jara 和 Cespedes 1994。

12 见<http://www.ices.dk/reports/MCC/2002/WGEIM02.pdf>。

68. 粮农组织的《负责任的渔业行为守则》第9条提出了一套自愿的原则和标准，这些原则和标准如果得到实行，将确保适当地处理水产养殖开发可能引起的社会和环境问题，并以可持续的方式开发水产养殖。但是，为海水养殖的可持续开发提供一个有利的环境不仅是政府和水产养殖业者的责任，也是科学家、大众媒体、金融机构和特殊利益集团的责任。其他原则和标准包括国际海洋考察理事会的《行为守则》和亚太水产养殖中心网络的《守则》。

B. 认证

69. 可以把水产养殖活动认证为：(一) 正按照准则或做法守则生产养殖物种；(二) 正按照声誉良好和公认的标准生产养殖物种；(三) 经业务稽核及评估确认，生产物种的活动符合既定标准。下文将讨论这三个认证方式：

(a) 把水产养殖活动正式认证为正按照准则或做法守则生产养殖物种，有时随之对其产品进行生态标识。例如，全球水产养殖联盟（GAA）作为一个国际性的非营利行业协会，通过一个称为“负责任的水产养殖方案”的生态标识方案促进对环境负责的水产养殖活动，该方案包括负责任的水产养殖行为守则以及生产认证标准。还有其他一些更为强调第三方认证的制度；

(b) 可以把水产养殖活动认证为正按照声誉良好和公认的基本标准生产养殖物种。例如，《国际有机农业运动联合会基本标准》（IFOAM）为农业和水产养殖业提出了基本的生产标准，世界各地的认证机关和标准制订组织都把这些标准作为制订其认证标准的框架。IFOAM 包括以下方面的标准：鱼类饲养和网箱保养；水质；投食；保健；鱼的更新、育种和来源；鱼群的繁殖和饲养；运输、屠宰和加工；

(c) 可以通过业务稽核以及评估把水产养殖活动认证为正按照既定的标准生产养殖物种。在认证之后将对产品进行生态标识，并经常要求执行一项一套成文的环境管理制度。国际标准化组织（ISO）制订了若干套通用的管理制度标准，为建立一套环境管理制度提供了普遍性的准则和标准。已有各种组织把国际标准化组织的 14001 号环境管理制度作为环境认证的依据。

70. 为了建立和维持一个无损于环境的海水养殖业，必须举办适当的监测方案。生产过程和活动范围的监测和管理也是把海水养殖纳入沿海地区规划的先决条件之一。只有得到充分的数据，才可能有把握地确定包括生物多样性在内的环境需要和海水养殖需要。因此推论，如果所有参与者（沿海资源的使用者）都能够确定自己的环境需要和环境影响，同时在其评估中显示出高度的可信性，把海水养殖纳入规划的工作将取得成功。为了加强公众的信心，建议向其提供当前监测方案的监测结果。

71. 为了确定环境影响的阈限或确定环境质量标准（EQS），需要在主管部门和科学家之间进行密切合作，前者可以确定什么样的影响是可以接受的，后者则了解这种影响在可以衡量的参数中意味着什么。在很多国家，这项任务取决于用以推算环境质量标准值的环境质量目标（EQO）。环境质量目标/环境质量标准系统是一个适当的系统，因为这个系统将

有助于建立以政治决策和公众认可为基础的透明的管理制度。通过这个办法，有可能划分出可允许的影响各不相同，从而具有不同的环境质量标准值的地区。¹³

72. 监测方案必须侧重于海水养殖产生的主要影响。已经提议，可以采用下列标准来选择所侧重的影响；

(a) 所有影响都必须同时涉及环境和海水养殖活动；

(b) 影响必须易于监测，例如，必须能够得到有关的常规分析方式，其征象必须可以辨识，以便判断背景程度；

(c) 必须能够得到科学资料来确定适当的环境质量标准；

(d) 鉴于很多海水养殖活动都是小企业活动，监测必须具有成本效率。

13 Henderson 和 Davies, 2000。

附件一

为今后的研究活动和监测项目提出的建议

专家组意识到，目前关于海水养殖对生物多样性所产生影响以及如何减轻这些影响的资料不足。因此，应该在以下领域进行更多努力：

(a) 一般性研究需要：

- (一) 制订研究方案来帮助建立有效率的监测方案，用以监测海水养殖对海洋和沿海生物多样性产生的影响；
- (二) 制订标准，以用于判断海水养殖对生物多样性所产生影响的严重程度；
- (三) 随后建立监测方案，用以监测海水养殖对生物多样性产生的影响；
- (四) 改进（和推广）综合海水养殖制度，包括混养；
- (五) 研究逃逸的海水养殖物种对生物多样性产生的影响；
- (六) 制订标准，用以判断什么时候需要进行环境影响评估，并用以根据缔约方大会在第 VI/7 A 号决定中核可的准则，针对生物多样性的所有层次（基因、物种、生态系统）运用环境影响评估；
- (七) 注意到粮农组织的词汇表偏重于海洋捕捞业，因此应该增加这个词汇表中关于水产养殖的词汇；
- (八) 加强对海洋和沿海生物多样性的全球评估；

(b) 与海水养殖对遗传多样性所产生影响有关的研究：

- (一) 制订一项亲体遗传资源管理计划；
- (二) 通过研究来了解水产养殖业的生物技术发展所造成的遗传影响；
- (三) 通过研究来了解养殖种群和野生种群的遗传结构，包括：
- (四) 养殖种群对野生种群的遗传污染所产生的影响；
- (五) 保持养殖种群的遗传多样性；
- (六) 研究野生种群（及其遗传学），以便将其作为潜在的新海水养殖对象；

(c) 与海水养殖对物种多样性所产生影响有关的研究：

- (一) 支持全球范围的基本生物分类研究，可能需要同全球生物分类倡议（GTI）联合进行这项工作；
- (二) 支持通过研究来发展采用本地物种的负责任的水产养殖；
- (三) 开发限制在采种过程中所发生混捕的方式和技术；
- (d) *与海水养殖对生态系统多样性所产生影响有关的研究：*
 - (一) 研究承载能力并制作承载能力模型，以用于水产养殖规划，特别是载畜量规划；
 - (二) 进行全面研究，以便在数量上和质量上评估海水养殖对根据其敏感程度挑选的各种水生态系统的生物多样性产生的影响；
 - (三) 研究捕捞和养殖渔业给海洋渔场带来的竞争性；
 - (四) 进行研究，以便更好地了解像化学品、荷尔蒙、抗生素和饲料这样的投入材料对生物多样性产生的影响；
 - (五) 研究养殖物种和野生物种的疾病对生物多样性产生的影响；
- (e) *与社会—经济、文化、政策和法律有关的研究：*
 - (一) 就管理海水养殖活动的法律、经济和财务机制进行比较研究；
 - (二) 制订数量和质量标准，用以按养殖做法划分来评估海水养殖对环境产生的影响；
- (f) *监测方案：*
 - (一) 支持在全球一级针对与海水养殖有关的疾病举办的监测方案；
 - (二) 支持生物技术诊断手段的转让，以供推广；
 - (三) 增订生物分类数据库，并在其中列入关于种内遗传多样性的数据。

附件二

参考文献¹⁴

- Ackefors, H. 1999. Environmental impacts of different farming technologies. Pages 145-169 *In* N. Svannevig, H. Reinertsen, and M. New (eds.). Sustainable aquaculture: food for the future? A. A. Balkema, Rotterdam. 348 pp.
- Angel, D. N. Eden, S. Breitstein, A. Yurman, T. Katz and E. Spanier. 2002. In situ biofiltration: a means to limit the dispersal of effluents from marine finfish aquaculture. *Hydrobiologia* 469: 1-10.
- Black, K.D. 2001 Sustainability of aquaculture *In* “Environmental Impacts of Aquaculture” (Black, K.D. ed.) Sheffield Academic Press, pg. 199 – 212
- Devaraja, T.N. F.M. Yusoff and M. Shariff. 2002. Changes in bacterial populations and shrimp production in ponds treated with commercial microbial products. *Aquaculture*. 206:245-256
- FAO/NACA 2000. The Asia Regional Technical Guidelines on Health Management for the Responsible Movement of Live Aquatic Animals and the Beijing Consensus and Implementation Strategy. FAO Fish. Techn. Pap. No. 402, 53 pp.
- Hall, P.O.J., Holby, O., Kollberg, S. and Samuelson, M.O. 1992 Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. 4 Nitrogen Marine Ecology Progress Series 89, 81 – 91.
- Hamilton-Miller JMI1990. The emergence of antibiotic resistance: myths and facts in clinical practice. *Interns. Cares Med.* 16 (Suppl. 13): 206-211.
- Henderson, A.R. and I.M. Davies 2000 Review of aquaculture, its regulation and monitoring in Scotland. *Journal of Applied Ichthyology* 16: 200 –208
- ICES 1995. ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms – 1994. ICES Co-op. Res. Rep. No. 204.
- Jara, F. and R. Céspedes. 1994. An experimental evaluation of habitat enhancement on homogeneous marine bottoms in southern Chile. *Bulletin of Marine Science* 55:295-307.
- Naylor, R.L.; Goldburg, R.J.; Primavera, J.H.; Kautsby, N.; Beveridge, M.C.M.; Clay, J.; Folke, C.; Lubchenco, J.; Mooney, H.; Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024.

14 海水养殖问题特设技术专家组的报告正文载有更为全面的参考文献清单。

OIE 2000, International Aquatic Animal Health Code. 3rd edn. Office International des Epizooties, Paris, 153 p.

Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese, and F. Torres, Jr. 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279:860-863.

Sandnes, K., and A. Ervik. 1999. Industrial marine fish farming. Pages 97-107 *In* N. Svennevig, H. Reinertsen, and M. New (eds.). *Sustainable aquaculture: food for the future?* A. A. Balkema, Rotterdam. 348 pp.

Shishehchian, F., F.M. Yusoff, M.S. Kamarudin and H. Omar. 1999. Nitrogenous excretion of *Penaeus monodon* post larvae fed with different diets. *Marine Pollution Bulletin* 39: 224-227

Soto, D. and F. Jara. 1999. Relevance of ecosystemic services provided by species assemblages: coupling salmon farming with biodiversity use and management. *In*: Schei, Sandlund and Stran (Eds), *Norway/UN Conference on the ecosystem approach for sustainable use of biodiversity* pp 133-137.

Yusoff, F.M. H.B. Matias, K. Zarina and S.M. Phang. 2001. Use of interstitial water extracted from shrimp pond bottom sediments for marine algal culture. *Aquaculture*. 201 (3-4): 263-270.

Wu, R.R.S. 1995 The environmental impact of marine fish culture – towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin* 31: 159 – 166
