

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA
DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

SEGUIMENT DELS RECURSOS HÍDRICS DE MENORCA 2002



Sònia Estradé Niubò

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Redacció:

Sònia Estradé Niubò, llicenciada en Ciències Ambientals i col·laboradora de l'OBSAM

Institut Menorquí d'Estudis (IME)

Carrer Nou, 35

07701 Maó (Menorca)

Tel: 971 351500

Fax: 971351642

Web: www.obsam.org ; www.imeobsam.org

Correu electrònic: adm.obsam@cime.es

Col·laboració:

Sergi Marí Pons, Antoni Fullana Coll, David Carreras Martí (tècnics de l'OBSAM)

Institucions i entitats col·laboradores:

Direcció General de Recursos Hídrics, Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear

Àrea de Medi Ambient del Consell Insular de Menorca

Ajuntaments de Menorca

Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears, de l'Institut Nacional de Meteorología

Agraïments

Alfredo Barón Périz, Pere Sáez, Rafel Villalonga Sintes, Carles Boronat Poblador, Marta Sales Villalonga, Sònia Sans Astol, José Antonio Fayas Janer.



Institut Menorquí d'Estudis



PRESENTACIÓ

Aquest document de treball, que presentem amb el núm. 4 de la sèrie, està dedicat a posar en ordre allò recollit durant els primers passos realitzats per l'OBSAM dins el terreny de la gestió dels recursos d'aigua dolça de Menorca. L'estudi no pretén respondre preguntes (al manco, encara no) sinó obrir els interrogants de la forma més esclaridora possible. D'alguna forma, ens hem aturat un moment en ell camí per donar compte dels treballs en curs (esperant rebre suggeriments i crítiques que permetin millorar la nostra feina en el futur) i, immediatament, hem seguit treballant el tema.

El document està centrat en els aspectes quantitius del problema (disponibilitat global del recurs) i no tracta els aspectes de qualitat de l'aigua, tant importants, per altra banda. La major part d'aquest treball es basa en allò que es pot deduir sobre la disponibilitat d'aigua dolça a partir de les informacions climatològiques i del coneixement del funcionament de l'aqüífer de migjorn. En canvi, malgrat els nostres esforços, no hem pogut aprofundir tot el que voldríem en el consum humà. Això podria semblar normal si pensem en el consum per a usos agraris, sempre difícil d'estimar; però no ho és tant, de normal, quan es tracta de la defectuosa informació disponible actualment sobre el volum d'aigua que s'extreu per a usos municipals i per a urbanitzacions privades.

A partir d'ara, els nostres esforços s'haurien de destinar a: 1) obtenir més dades sobre consums; i 2) afinar millor la infiltració total i la recàrrega de l'aqüífer (i per tant poder construir els comptes de l'aigua de Menorca per a diferents anys). Això ens permetria correlacionar estadísticament les abundants series piezomètriques amb les altres variables, les del balanç hídric seriat, i així projectar tendències i proposar escenaris de futur.

De les informacions conegudes sembla que es dedueixen dues coses importants: A) No sabem valorar amb precisió si actualment estem abans o després del nivell de consum humà màxim sostenible; B) Però

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

clarament la tendència és a superar, si no s'ha superat, aquest nivell de forma quasi bé irreversible.

Creiem que aquesta constatació és suficient per prendre mesures, quan abans millor, amb mires a garantir la sostenibilitat de la renovació del recurs. I que vol dir sostenibilitat en aquest cas? Dedicar als usos humans només els excedents de l'aigua que s'infiltra, mantenint uns nivells piezomètrics suficientment alts per frenar la intrusió marina i per mantenir en funcionament el règim hidràulic dels ecosistemes afectats i altres béns ambientals (l'Albufera, les altres zones humides, els barrancs, certes fonts, etc.)

L'avantatge de Menorca és el bon coneixement que tenim dels nivells piezomètrics dels darrers 15 anys, gràcies a les acurades sèries del Servei d'Estudis de la Direcció General de Recursos Hídrics.

Tot i ser aquest, com hem dit, un document més d'avanç de preguntes que de conclusions, no me'n puc estar de recordar, resumida des del meu punt de vista, quina hauria de ser l'estratègia de gestió sostenible dels recursos hídrics de Menorca que s'ha vingut proposant, al menys, des de que s'inicià la redacció de l'informe de l'IME que acompanyà la sol·licitud de declaració de Reserva de Biosfera.

En el cas dels usos AGRARIS: cal actuar en el sentit de reduir l'extracció des de pous, cosa que es pot fer per diverses vies: a) subministrar aigua depurada útil per a rec a un cost inferior al de bombeig; b) limitar directament certs conreus totalment inadequats; c) afavorir pràctiques i tècniques estalviadores i/o racionalitzadores del consum agrari. Crec que convé recordar que, a la Menorca del segle XXI, una agricultura i ramaderia extensives i de secà donen un major rendiment a la societat (que és, al final, qui subvenciona l'existència del sector agrari) que les activitats intensives i de regadiu, insostenibles des del punt de vista social i ambiental.

En el cas dels usos URBANS i TURÍSTICS: tenim una població real (residents més visitants) creixent cada any i la necessitat de contenir, si més no, el consum global d'aigua. La sostenibilitat només es pot

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

basar, per tant, en importants programes d'estalvi i/o racionalització de l'ús de l'aigua dolça (per mitjà d'inversions en les infraestructures, inversions domèstiques i canvi en les pràctiques del que s'anomena la cultura de l'aigua). Dessalar aigua del mar, en canvi, pot tenir l'efecte contrari del que perseguim, perquè l'elevat cost energètic i econòmic de dessalar una tona d'aigua de mar transforma en competitiu el cost equivalent d'extreure (per bombeig) una tona d'aigua d'una determinada profunditat (aquesta xifra dependrà de la tecnologia de dessalament). Per tant, dessalar constitueix un incentiu per seguir incrementant el consum d'aigua fins que els nivells piezomètrics mitjans baixin a tal nivell X. Aquesta és la paradoxa de les dessaladores: malgrat la nova oferta d'aigua que aporten, provoquen que es segueixi incrementant el consum fins a noves situacions de sobreexplotació, portant els aqüífers a nivells piezomètriques més baixos i perjudicant greument els ecosistemes que depenen d'aquests nivells.

En qualsevol cas, la missió d'aquest document de treball és estimular el debat científic, tècnic i polític sobre aquest tema, i així, la comunitat humana podrà pretendre ser més capaç de decidir amb coneixement de causa i responsabilitat sobre les conseqüències futures dels seus actes.

*Sergi Marí.
Director de l'OBSAM.*

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ
2. OBJECTIUS
3. DESCRIPCIÓ DEL MEDI
 - 3.1. Localització geogràfica
 - 3.2. clima
 - 3.3. Geologia i hidrogeologia
 - 3.4. Usos del sòl
4. MEDI SOCIO-ECONÒMIC
5. AGENTS IMPLICATS EN LA GESTIÓ DE L'AIGUA
6. ESTUDIS REALITZATS ANTERIORMENT
7. BALANÇ HÍDRIC
 - 7.1. Entrades
 - 7.1.1. pluviometria
 - 7.1.1.1.infiltració
 - 7.2. Sortides
 - 7.2.1. Evapotranspiració
 - 7.2.2. consum
 - 7.2.2.1. consum urbà i industrial
 - 7.2.2.2. consum agrícola
 - 7.3. Variació de les reserves
 - 7.4. Balanç hídric seriat del migjorn
 - 7.4.1. sector de llevant
 - 7.4.2. sector central
 - 7.4.3. sector de ponent
8. AIGÜES DEPURADES
9. CONCLUSIONS I PROPOSTES DE TREBALL
10. BIBLIOGRAFIA

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

1.- INTRODUCCIÓ:

Com és conegut, l'aigua és un bé escàs, un recurs, tot i que renovable, limitat. A Menorca és un dels temes ambientals de major preocupació perquè l'aigua disponible a l'illa és tant sols procedent de la que plou. Aquesta segueix diferents camins i destins i una part entra a formar part dels aqüífers, els quals constitueixen els reservoris d'aigua dolça més importants.

A més, aquesta limitació dels recursos, com és el cas de l'aigua, es combina amb un elevat desenvolupament turístic fortament estacional, centrat en l'època seca, i, d'altra banda, una extensa agricultura, amb sistemes de rec bastant ineficaços.

Per tant, és de gran importància realitzar una bona gestió de l'aigua, per tal de portar a terme una explotació sostenible d'aquest recurs renovable, és a dir, sense hipotecar les reserves i per tant les necessitats futures. Per tal de realitzar una bona gestió, és imprescindible el coneixement dels recursos existents i de les demandes d'aquests, així com de l'evolució d'ambdós.

2.-OBJECTIUS:

L'**Observatori Socioambiental de Menorca** (OBSAM) té la funció de reunir, elaborar i mantenir actualitzada informació sobre la conservació dels recursos naturals, del medi ambient, del patrimoni cultural i la seva relació amb el desenvolupament econòmic. Així doncs, responent a aquesta funció, l'objectiu bàsic d'aquest estudi és quantificar quins són els recursos hídrics existents a l'illa i començar a reunir i mantenir actualitzada tota la informació relativa al cicle de l'aigua a Menorca; determinar quina quantitat d'aquest recurs s'està explotant actualment i quina és la tendència que segueix el volum d'aigua de les reserves, centrant-nos en la principal reserva, l'aqüífer de Migjorn. Així doncs, pretenem valorar si s'està duent a terme una gestió racional del recurs o si, pel contrari, s'està produint una sobreexplotació que pugui posar en perill la satisfacció de les necessitats futures. Volem posar a l'abast del públic aquesta informació per poder ajudar a planificar i gestionar en conseqüència per tal d'encaminar-nos cap al principal objectiu de la reserva de la biosfera, la sostenibilitat.

En definitiva, per tal d'aconseguir aquests objectius, ens centrarem en:

- **Determinar i recopilar les dades existents d'estudis anteriors,**
- **Crear noves fonts d'informació recopilant dades dels diferents ens implicats en l'aigua i la seva gestió, i**
- **Posar de manifest quines mancances i incògnites es troben en el coneixement del balanç hídric de l'illa.**

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

3.- DESCRIPCIÓ DEL MEDI:

3.1.LOCALITZACIÓ GEOGRÀFICA:

L'àmbit d'estudi es centra en la part meridional de l'illa de Menorca, que constitueix l'aqüífer de Migjorn, situat a grans trets al sud d'una línia que uniria el fons del port de Maó fins a cala Morell. Aquest és l'aqüífer més important i la principal font dels recursos utilitzables.

3.2. CLIMA:

El clima de Menorca és un clima temperat, fortament estacional en quant a la humitat i més moderadament pel que fa a temperatura. La pluviositat mitjana anual és d'uns 560 mm anuals, amb diferències considerables a les diferents parts de l'illa. Així doncs, la zona de migjorn compta amb una pluviositat mitjana anual de 530 mm. L'11 % d'aquesta zona té una precipitació anual de 630mm (Bajolí-Punta Nati i Maó-St Lluís-Llucmassanes) i el 5% una precipitació inferior als 450 mm (franja litoral SE).

Com tot clima mediterrani, és característic un estiu sec i calorós. El bioclima de Menorca es xerotèric típic, de tipus marítim, pluges concentrades a la tardor i primavera amb períodes de peraritat o aritat estival que poden durar de tres a cinc mesos.

La temperatura mitjana anual és d'uns 16- 17 °C, essent el mes més fred gener amb una mitjana de 12,1°C i el mes calorós agost amb 26,2°C.

Un altre variable molt important a l'illa és el vent, la direcció més freqüent N (vent de tramuntana), el grup de velocitat més freqüent és el de 19 a 31 Km/h, vents moderats.

Per realitzar el nostre estudi s'han reunit les dades pluviomètriques i de temperatura des de l'any 1984 fins a l'actualitat, recollides per les diferents estacions climatològiques de Menorca, informació facilitada pel Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears de l'"Instituto Nacional de Meteorologia". Podem agafar com a exemple, l'estació meteorològica de Sant Lluís. Hem realitzat el climograma d'aquesta estació per al període sencer (1984-2001)

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Climograma Sant Lluís

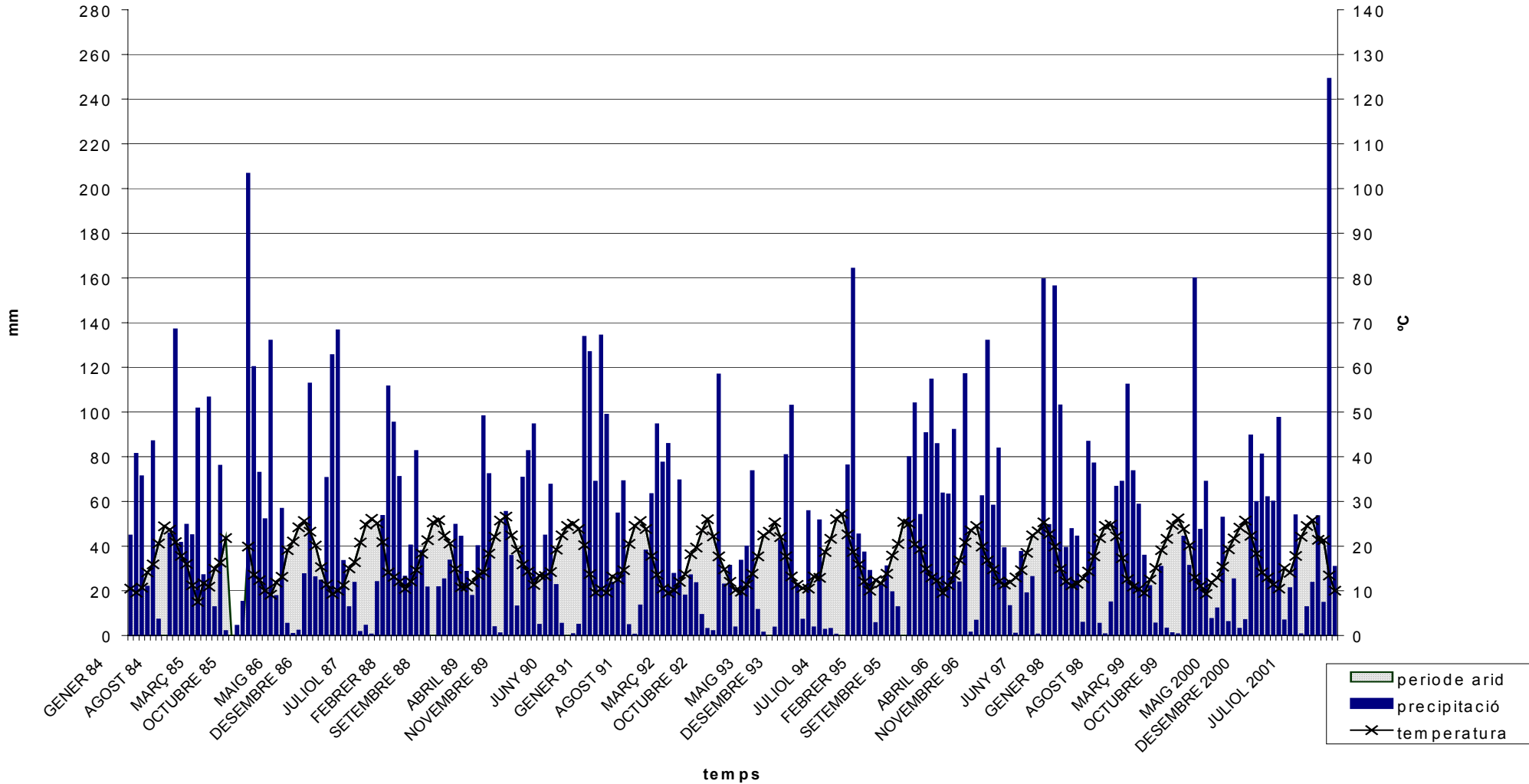


Diagrama 1: Font: Elaboració OBSAM a partir de dades del Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Podem observar un període àrid cada any, durant els mesos d'estiu. La mitjana anual és de 17,1 °C, la mitjana del mes més fred és 10,5°C, al Gener, i la mitjana del més calorós és de 25,5 °C a l'Agost..

En quant a les precipitacions la mitjana anual és de 566,2 mm, la mitjana del mes més plujós és novembre amb 93 mm, la mitjana de les màximes de cada mes és 789,8 i la mitjana de les mínimes de 416,7mm, i sempre repartides majoritàriament a la tardor.

Es troben a disposició els climogrames per a totes les estacions de Menorca

3.3.GEOLOGIA I HIDROGEOLOGIA.

La zona d'estudi es centra en una de les 2 grans regions morfològiques i estructurals que podem diferenciar a la illa, el Migjorn. Aquesta pertany a l'ampla conca sedimentària que des del miocè superior s'instal·là entre les serralades del promontori Balear.

El migjorn constitueix una zona plana, inclinada cap al mar, solcada per profunds barrancs. Aquesta regió es formada per materials atribuïts al terciari, miocens. Els trobem sobre materials mesozoics i paleozoics, després d'una perllongada etapa d'emersió, erosió i carstificació. Així doncs, es tracta d'una plataforma carbonatada on sedimentològicament s'identifica un escull flanquejant, que ocupa 365 km². La roca dominant es el marès blanc, calcarenites bioclàstiques de fàcies litorals, de plataforma marina, amb intercalacions de nivells bioconstruïts per algues. A la base abunden els dipòsits detrítics amb gresos i conglomerats La potència d'aquest conjunt es creu que pot arribar als 500 metres.

En aquest dipòsit calcoarenític que constitueix la regió de Migjorn, trobem l'aqüífer més important de la illa. Trobem marcades diferències en la seva permeabilitat al llarg del territori, i amb un drenatge segons el model de doble porositat. El massís rocós, gràcies a la porositat intergranular, té una funció capacitativa, mentre el conjunt de discontinuïtats compleixen la funció drenant. Podem trobar diferents submedis erosionals, el que fa una variació de la productivitat dels diferents pous de l'illa. Les fàcies de front d'escull i talús proximal són les més permeables, uns 25 m/dia, a l'inrevés que les fàcies distals o de plataforma, 0,1 m/dia, malgrat que en aquestes darreres hi hagi inclosos nivells lenticulars biocalcoarenítics i bioconstruïts de reduït abast, amb bona permeabilitat que drenen l'entorn calcoarenític de baixa permeabilitat. D'altra banda aquest augment de permeabilitat vers la costa potser també estigui relacionat amb un augment del desenvolupament càrstic.

El mapa d'isopiezes de tota la unitat (Fayas, 1982) ens mostra la relació entre el model geològic i el funcionament hidrogeològic. Al sector de ciutatella, amb un flux hidràulic subterrani radial cap a la mar, la suau piezometria i el gradient hidràulic són causats

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

pel fet que les fàcies de front d'escull i talús proximal estan a nivell o per davall de la mar. A la zona Nord i Nord oriental d'aquest sector, l'aqüífer està format per materials altament permeables i en contacte amb el mar, cosa que està possibilitant la intrusió marina. Al sector central hi ha una manca de permeabilitat vers el mar. El flux subterrani es dirigeix cap als barrancs. Les fàcies de front i talús proximal estan penjades i el drenatge es realitza pels contactes erosionals, paral·lels a la costa. Al sector de Maó torna a haver-hi flux radial vers a la mar, amb una reducció de permeabilitat vers a la costa ja que la plataforma escullosa i talús proximal queden lleugerament penjats. L'aqüífer es un sistema obert amb sortides subterrànies difuses o directes a la mar o bé diferides als barrancs del sector central.

A Menorca les aigües superficials tenen molt poca importància, i són, bàsicament, una manifestació del nivell piezomètric. Els torrents que porten aigua tot l'any estan situats al fons de barrancs molt encaixats en els materials miocens, i son alimentats la major part del temps per aigües subterrànies.

3.4.USOS DEL SOL

Menorca presenta un paisatge molt humanitzat, el sistema agrari i la divisió del territori en parets de pedra seca conforma un paisatge en mosaic que permet mantenir un equilibri entre la vegetació natural i els conreus. Parlant de superfícies destinades als diferents usos, tenim per al total de l'illa, una superfície agrícola de 28.800 Ha de conreus extensius, que inclou pastures i camps de conreu (41% del total de l'illa); i 816 Ha son dedicades a regadiu (1,16%). Els camps abandonats i camps en procés d'abandó ocupen un total de 10578 Ha (15%). La vegetació natural i zones humides abasten 24080,8 Ha (34,4%) i els usos urbans un total de 4236Ha (6%).

Si ens fixem en la regió de Migjorn, la superfície conreada ocupa 14.764,68Ha (40% de la superfície de Migjorn) de camps de conreu i pastures; i 675,4 Ha destinades a regadiu (1,82%). La vegetació natural i zones humides ocupen 7911,85 Ha que corresponen a un 21,36% del Migjorn, els camps abandonats i en procés d'abandó abasten 9648,23 Ha (26%) i, per últim, el sòl urbà que ocupa 3208,81 Ha corresponents al 8,66% del territori de migjorn. Cal destacar que d'aquests sòl urbà, el 73,71% és ocupat per zones urbanitzades, segones residències i nuclis rurals.

Entre els cultius destaquen, pel que es refereix a superfície, la combinació d'ordi - Ray Grass, seguit d'ordi i avena en solitari. A Ciutadella trobem la principal àrea de regadiu.

Quant a la vegetació natural, les masses arborades mes extenses es troben a les àrees SW i la meitat N, on l'alzina i el pi blanc formen masses continues pures o mixtes amb cobertures entre el 20 i 90 %. Es tracta sempre de vegetació xeròfita.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

4. MEDI SOCIO-ECONÒMIC

Segons diferents estudis hidrològics de l'illa, els sectors econòmics més importants en quant a usos i consum d'aigua són, en primer lloc el consum agrícola, i en segon lloc el consum urbà, el qual presenta una forta estacionalitat degut a la importància del turisme, donant-se un augment molt important del consum a l'estiu. Per últim, el consum industrial. Les dades referents a aquests estudis les trobem a l'apartat 6.

5. AGENTS IMPLICATS EN LA GESTIÓ DE L'AIGUA

La Direcció General de Recursos Hídrics, dins de la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear, té la responsabilitat actual de la gestió dels recursos hídrics públics i privats, la seva explotació i totes les matèries relacionades amb el domini públic hidràulic. La gestió pública de l'aigua te com a marc el Pla Hidrològic de les Illes Balears, elaborat per la Direcció General esmentada en 1996 i posteriorment aprovat pel Consejo de Ministros segons el RD 378/2001 de 6 d'abril.

Dins l'administració autonòmica també trobem l'Institut Balear de Sanejament (IBASAN) i l'Institut Balear de l'Aigua i l'Energia (IBAEN), empreses públiques dins la Direcció General. D'altra banda, els ajuntaments tenen competència en quant a subministrament d'aigua potable per als seus habitants i la Llei de Bases de Règim Local estableix les competències per a aquests.

Recentment s'ha anunciat, en aplicació d'aquest Pla Hidrològic, la creació de la Junta Insular d'explotació dels recursos hídrics de Menorca, com a òrgan de participació i planificació.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

6. ESTUDIS REALITZATS ANTERIORMENT

Hi ha diversos estudis realitzats en quant a la hidrogeologia de l'illa els quals es poden trobar a la bibliografia. Les dades oficialment acceptades són les utilitzades en el Pla Hidrològic de les Illes Balears (1996). Els quadres 1 i 2 resumeixen les estimacions adoptades (en Hm3):

Entrades:

Infiltració precipitacions	Retorn de rec	Inf. Aigües residuals	Perd. xarxa	Flux subterrani	Recàrrega total	Intrusió marina	Total entrades
59,4 (27% pluv.)	1,7	1,5	2,9	3,0	68,5	1,2	69,7

Quadre 1: entrades al sistema aqüífer segons el balanç hídric del Pla Hidrològic de les Illes Balears.

Sortides:

Consum urbà + industrial.	agrícola	Total consum humà	Torrents i fonts	Pèrdues mar	Total sortides
10,0	11,1	21,1	1,5	47,1	69,7

Quadre 2: sortides del sistema aqüífer segons Pla Hidrològic de les Illes Balears.

El Pla Hidrològic esmena que és necessari un volum de 35 Hm3 de flux subterrani al mar per tal d'assegurar la sostenibilitat del balanç, així doncs, quedarien de 32 a 35 Hm3 explotables sense hipotecar les reserves, segons aquestes dades oficials.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

7. EL BALANÇ HIDRIC

Per tal de realitzar el balanç hídric del sistema aquífer es necessari definir les entrades i sortides d'aigua al sistema, així com el canvi d'aigua en els reservoris.

7.1 ENTRADES.

Les entrades al sistema corresponen a l'aigua infiltrada procedent de la precipitació sobre la superfície de l'aquífer, infiltració d'aigua procedent dels rius i entrades subterrànies procedents d'altres aquífers.

Pel que fa a l'aquífer de migjorn, les entrades provenen de l'aigua que s'infiltra sobre la superfície de l'aquífer i un petit volum que procedeix dels fluxos subterranis procedents d'altres aquífers. Es pot suposar nul·la l'entrada d'aigua procedent de rius ja que els fluxos superficials que trobem a l'illa són molt escassos i corresponen a manifestacions del nivell piezomètric en superfície.

7.1.1 Pluviometria

Per tal de calcular el volum d'aigua que precipita, s'han agafat les dades recollides per les diferents estacions pluviomètriques. Aquestes dades son recollides pel Centre Territorial de Meteorologia de les Illes Balears. A Menorca hi ha unes 18 estacions pluviomètriques no repartides uniformement. Es pot dir que la xarxa de control és insuficient, tenint en compte que només trobem 3 estacions a la zona de ciutadella fins a Mercadal, totes elles situades a la costa. Pel que fa a la totalitat de l'àrea de migjorn tenim 14 estacions de les quals hem agafat 9 com a representatives degut a la llargada de les series pluviomètriques, des del 1984 fins al 2002. La pluviometria mitjana en aquest període s'ha calculat mitjançant el mètode dels polígons de Thiessen. Aquest sistema es basa en una assignació de superfície a cada estació i posterior ponderació de la pluviometria de les diverses estacions depenent de l'àrea que ocupen. Amb aquest mètode obtenim una pluviometria mitjana de 548.6 mm anuals, per al període esmentat, i per tant, per a la superfície de l'aquífer de migjorn, que és de 37032,85 ha, obtenim un volum d'aigua precipitada total de 203,16 Hm³. Ampliant la sèrie als últims 30 anys obtenim una pluviometria mitjana de 569,3 mm anuals.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

La pluviometria mitjana ha estat calculada per a cada any, obtenint així dades de volum d'aigua precipitat

Any	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	01
P mitja	592,9	716,4	582,3	626,6	562,0	375,3	540,8	617,1	464,4	503,7	432,8	484,6	826,1	450,6	565,6	391,8	478,7	657,9

Quadre3: pluviometria mitjana anual 1984-2001

precipitació mitjana 84-02

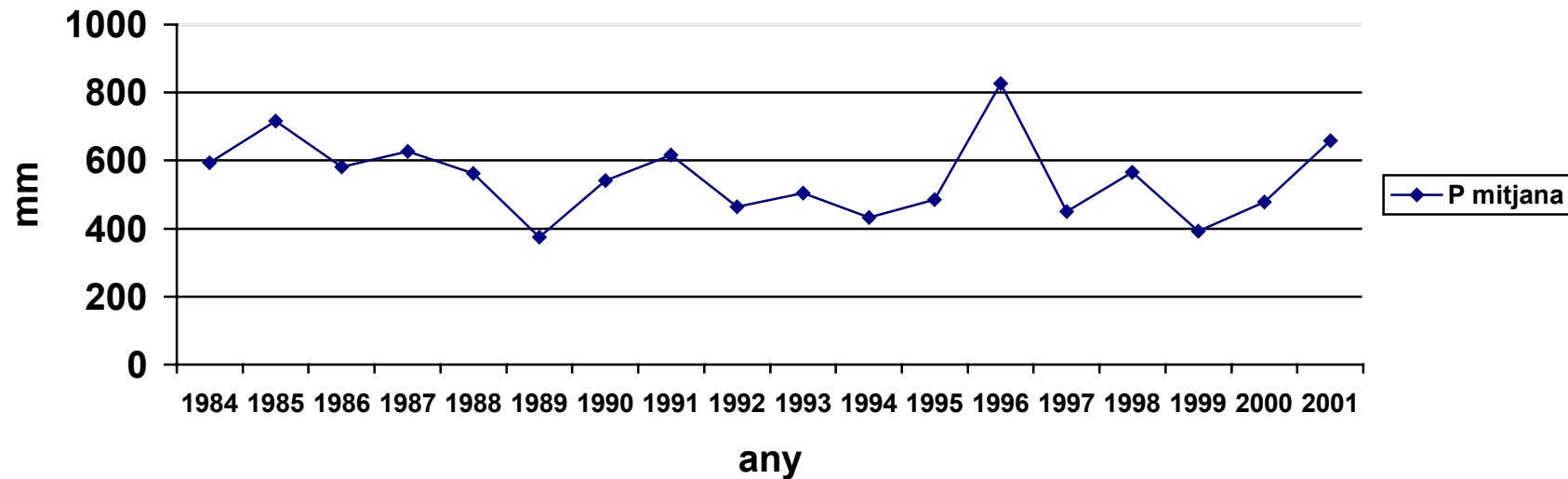


Diagrama 2: Font: Elaboració OBSAM a partir de dades del Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears

7.1.1.1 Infiltració: si prenem el 27 % d'infiltració eficaç que proposen les dades del Pla Hidrològic per al migjorn de Menorca, obtenim un volum infiltrat de 54,85 Hm³. Veiem que aquest valor és menor que els 59,4 Hm³ utilitzats al propi Pla Hidrològic,

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

perquè la pluviometria mitjana en els últims anys ha davallat. Els anys secs han abundat darrerament. D'altra banda, aquest 27% d'infiltració eficaç segurament sobrevalora, en la nostra opinió, la infiltració real que es produeix al Migjorn, i suggerim estudiar aquesta qüestió amb major profunditat.

7.2 SORTIDES.

Les sortides de l'aqüífer de Migjorn corresponen a l'aigua evapotranspirada, les sortides d'aigua subterrània als rius i fonts, les descarregues al mar i l'aigua extreta per al consum humà (urbà, turístic, agrícola)

7.2.1 Evapotranspiració

Ha estat calculada mitjançant el mètode de Thornthwaite, obtenint ETP i ETR per a cada mes i les mitjanes anuals, també la mitjana anual per al període 1984-2002.

La mitjana mensual d'evapotranspiració potencial està al voltant dels 72-75 mm i la evapotranspiració anual mitjana pren valors propers als 900 mm anuals per al període esmentat, per la qual cosa podem classificar la totalitat de la illa de Menorca dins del tipus mesotèrmic (evapotranspiració potencial entre 570 i 1140 mm).

A continuació mostrem una taula resum on hi ha expressats els valors d'ETP mitjans per a cada mes, extrets dels valors mensuals d'ETP per al període sencer, la mitjana dels valors mitjos mensuals per a cada any i la mitjana del total anual (Tots els valors en mm) .

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Quadre 4: Evapotranspiració (ETP) mitjana per a cada mes. ETP mitjana mensual, ETP mitjana anual.

ESTACIO		Gener	Febr.	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Set.	Oct.	Nov.	Dese	Mitjans	TOT. ANUAL
Maó-la mola	MITJ	35,4	29,7	42,9	53,4	86,2	115,5	148,9	156,4	109,7	78,3	43,1	30,4	77,5	929,8
	MAX	94,0	54,7	81,5	84,6	106,0	125,9	171,1	177,6	121,4	92,9	50,8	37,8	99,9	1198,4
	MIN	21,9	21,0	34,8	42,0	76,2	106,6	140,8	145,4	95,2	67,0	35,1	15,7	66,8	801,7
Sant Lluís	MITJ	25,5	26,5	37,0	50,0	83,0	115,1	147,6	149,1	104,3	73,3	39,2	28,5	73,3	879,1
	MAX	73,8	75,4	50,3	74,6	93,4	132,3	163,8	166,6	126,9	91,7	50,5	55,2	96,2	1154,3
	MIN	17,2	17,0	29,2	39,8	60,2	100,3	134,1	131,8	86,7	60,3	31,0	17,1	60,4	724,6
Maó estància	MITJ	46,3	23,9	44,5	48,7	82,4	112,1	141,1	147,8	102,1	79,0	40,1	29,3	74,8	897,3
	MAX	93,8	25,9	52,3	52,1	88,2	113,4	149,7	154,3	119,0	89,4	46,8	38,8	85,3	1023,5
	MIN	17,7	22,0	36,8	45,2	76,7	110,8	134,8	143,6	90,5	66,3	35,6	19,0	66,6	798,8
Mercadal-s'Arada	MITJ	27,0	28,4	40,9	53,1	86,3	117,5	158,3	155,3	111,7	78,8	44,8	31,5	77,8	933,6
	MAX	38,9	42,5	51,1	65,3	100,7	131,1	178,2	182,4	132,7	90,1	54,7	39,2		
	MIN	12,5	18,4	29,6	43,6	68,5	107,4	145,8	130,7	96,9	65,5	35,1	22,2		
Ciutadella	MITJ	28,1	27,6	37,5	49,4	85,4	117,1	151,7	154,4	106,1	73,2	39,6	27,6	74,8	897,7
	MAX	73,5	75,9	49,7	56,1	94,6	125,6	172,1	171,8	129,1	93,7	51,1	33,1		
	MIN	17,9	17,9	32,3	41,9	61,4	102,7	139,7	141,3	90,6	61,6	31,5	20,7		
Sant Climent	MITJ	27,8	27,4	38,3	49,0	82,4	115,1	148,8	151,2	109,4	75,8	42,3	30,0	74,8	897,6
	MAX	73,7	75,7	52,9	57,2	102,1	129,1	167,2	166,9	125,3	89,0	79,2	72,1		
	MIN	17,1	16,5	28,4	39,2	59,1	97,4	117,5	121,0	93,3	66,1	31,1	17,9		
Aeroport	MITJ	25,9	26,4	35,9	48,5	81,8	114,5	150,1	150,0	106,7	74,4	39,4	27,4	73,4	880,9
	MAX	74,0	76,3	50,1	55,4	95,7	124,4	169,6	170,4	126,9	89,2	47,0	35,6		1114,7
	MIN	13,3	17,8	27,3	40,3	63,4	101,5	138,4	127,3	90,1	61,9	32,1	18,2		731,4

Font: Elaboració OBSAM a partir de dades del centre meteorològic Balear.

S'ha de tenir en compte que l'evapotranspiració depèn de molts factors com el vent, el tipus de vegetació i el seu estat de

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

creixement etc., però el mètode de Thornthwaite és una bona aproximació quan hi ha falta de dades de teledetecció o de treball de camp.

Si observem aquestes dades mitjanes d'evapotranspiració potencial, al voltant dels 900 mm anuals, veiem que són superiors a les de precipitació mitjana, per tant, a Menorca, pesen més els dèficits d'aigua estivals que no pas els excedents hivernals.

7.2.2 Consum

El subministrament d'aigua per als diferents usos humans prové quasi exclusivament dels aqüífers, essent el més important el de migjorn.

Es destacable la dificultat que hi ha a l'hora d'obtenir les dades relatives a consum urbà i turístic d'algunes zones de l'illa. És molt necessària una recollida i organització d'aquestes dades des dels diferents municipis per tal de tenir un bon coneixement dels consums. Pel que fa al consum agrícola existeixen algunes aproximacions però no és tenen dades reals d'extracció.

7.2.2.1 Consum urbà i industrial.

S'han demanat les dades referents al volum d'aigua extret i el consum facturat en els diferents municipis. També hem volgut recopilar dades sobre volums tractats a les estacions depuradores de l'illa.

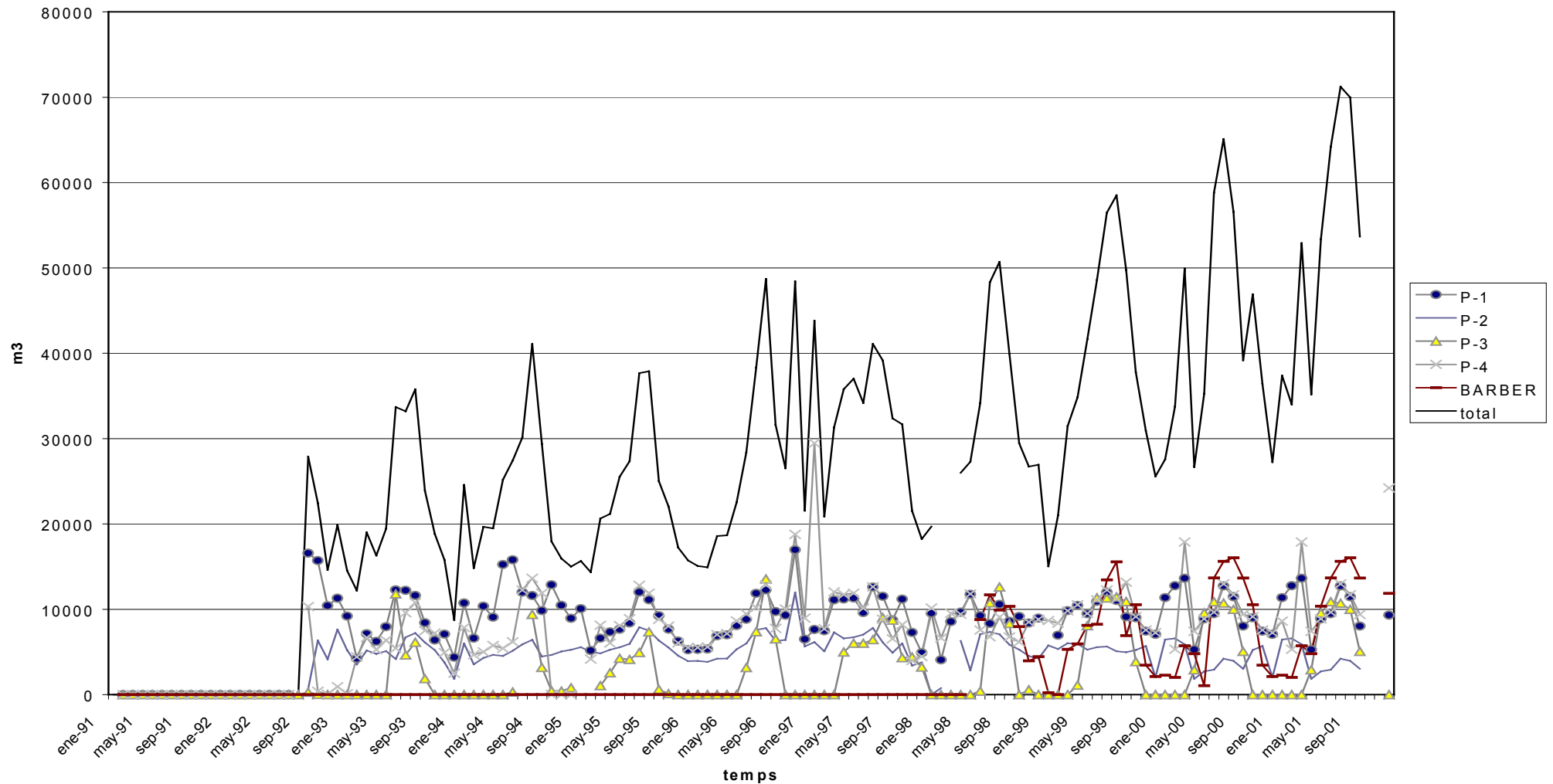
Podem exposar l'exemple del cas de Mercadal i Migjorn vistos en conjunt, del qual tenim la quantitat més gran de dades gràcies a tècnics municipals que han fet una valuosa feina de recollida de dades durant els darrers 10 anys.

Analitzant Es Mercadal i Migjorn, podem observar, com era d'esperar, un augment en el consum d'aigua al llarg del període estudiat, essent el consum màxim l'any 2001 (l'últim enregistrat) d'uns 70.000 m³ (volum total extret dels pous controlats per l'ajuntament d'Es Mercadal: consum urbà, turístic i industrial) . Al gràfic següent podem observar l'evolució de l'aigua extreta per als diferents pous (pous 1, 2, 3, 4, pous de Sa Roca i pous privats de Barber).

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

consum es Mercadal i Migjorn



Gràfic 3: Consum Es Mercadal i Migjorn. Font: Elaboració OBSAM a partir de dades de l'Ajuntament d'Es Mercadal

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Veiem doncs com es dona una tendència a l'augment en l'extracció d'aigua total dels pous de subministrament urbà, amb una marcada estacionalitat.

7.2.2.2 Consum agrícola

La superfície d'us agrícola a la zona de Migjorn, tal com hem dit anteriorment, és un 40% de la superfície de Migjorn de conreus de secà i pastures; i un 1,8 % de regadius, situats sobretot a la zona de Ciutadella. Degut a la gran quantitat de pous agrícoles no legalitzats o sense comptadors i a la falta de control sobre aquests pous, el volum d'aigua consumida per a aquest sector és actualment una dada poc precisa tot i que hi ha diverses estimacions. Així doncs, degut a aquesta dificultat, pretenem ajustar un model amb les altres variables més fàcils d'estimar, i deixar el sector agrari per a posteriors estudis específics.

7.3 VARIACIÓ DE LES RESERVES

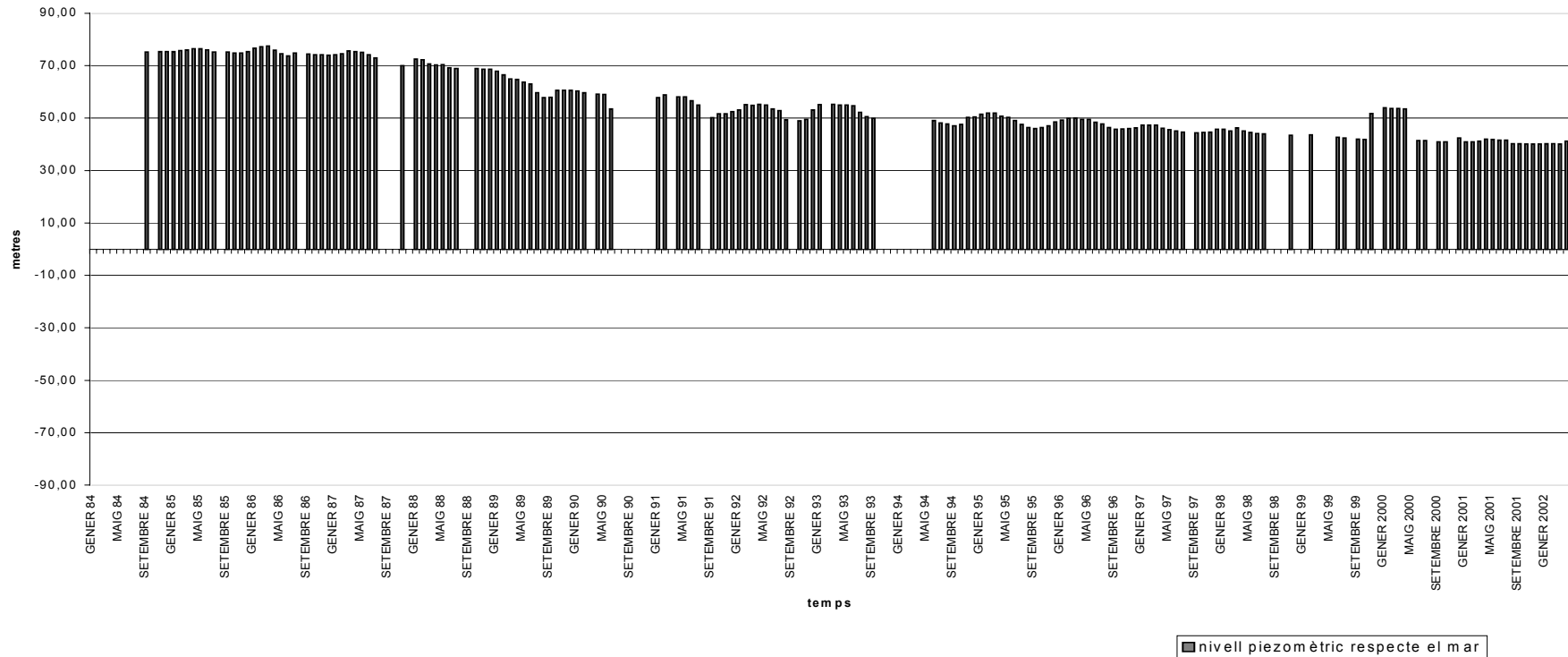
El resultat del balanç hídric de l'illa acaba plasmat en la variació de les reserves. El resultat de la sobreexplotació comporta un descens continuat dels nivells piezomètrics, a més d'un empitjorament de la qualitat de l'aigua ja sigui per un procés d'intrusió marina com pot ser el cas de Ciutadella o Sant Lluís, o degut al simple fet de que un volum d'aigua menor a l'aqüífer representa una menor capacitat de suportar càrregues contaminants. A Menorca tenim una xarxa molt important de piezòmetres, la qual cosa ens dona una gran quantitat d'informació pel que fa a l'evolució dels nivells piezomètrics de l'aqüífer. En els següents gràfics veiem l'evolució dels piezòmetres en els darrers 18 anys. Mostrarem com a exemple alguns dels piezòmetres.

El primer gràfic ens mostra el nivell piezomètric de Font Rodones, situat a la part central de l'illa, al terme municipal d'Es Mercadal. Podem veure clarament el descens que han patit els nivells piezomètrics en el període estudiat, passant d'uns 75 metres sobre el nivell del mar al principi dels anys 80 fins a uns 40 m sobre el nivell del mar a l'actualitat. La rapidesa d'aquest descens ens fa pensar que, en el cas de continuar, ens trobem davant una extracció que sobrepassa el consum sostenible.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Font rodones 4



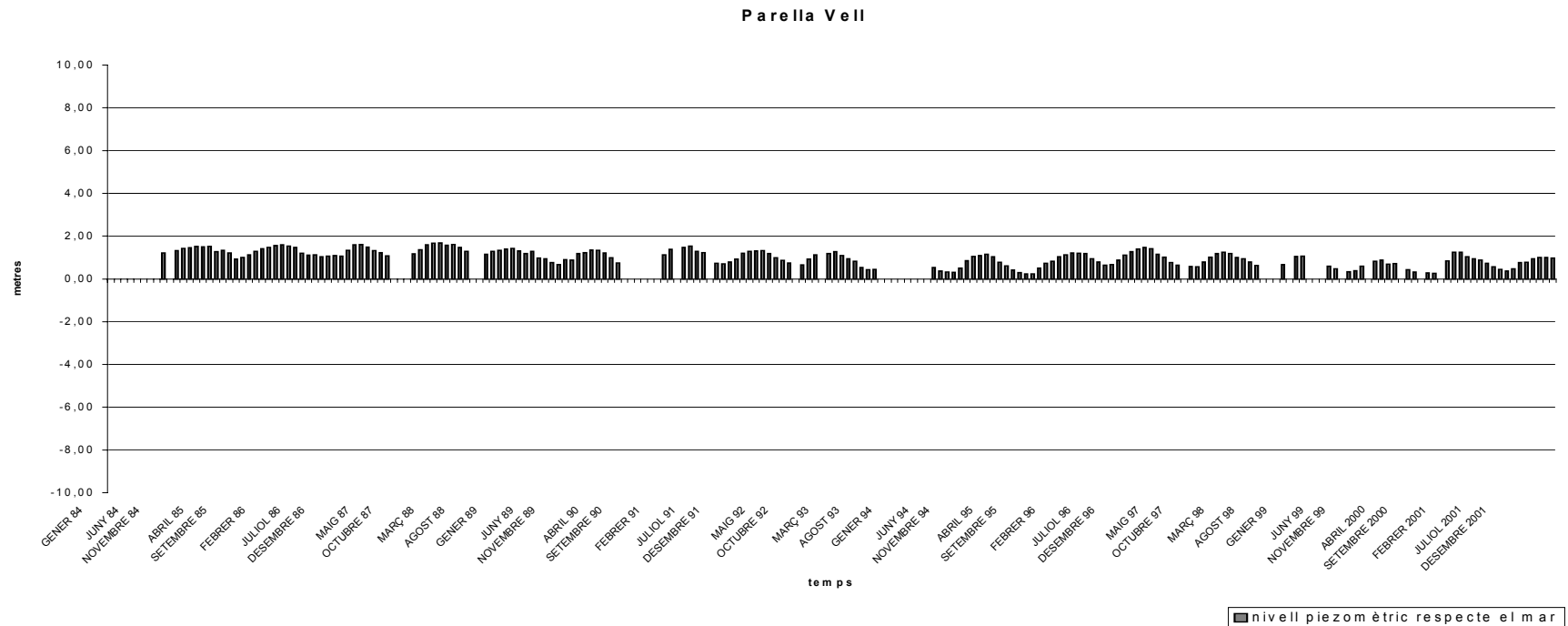
Gràfic 4: Font: Elaboració OBSAM a partir de dades de Govern Balear

A la part occidental podem posar l'exemple de Parella Vell, en el que s'observa un descens del nivell al llarg del període, tot i

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

que menys important que l'anterior quant a metres, degut a la poca distància al mar. En aquesta zona de sortida al mar, el descens del volum d'aigua de l'aquífer queda menys plasmat en el nivell piezomètric. De totes maneres, s'observa que hi ha hagut un descens important que, com és sabut, comporta greus problemes d'intrusió salina. D'altra banda queda reflectida la marcada estacionalitat que es dona a la zona de Ciutadella.

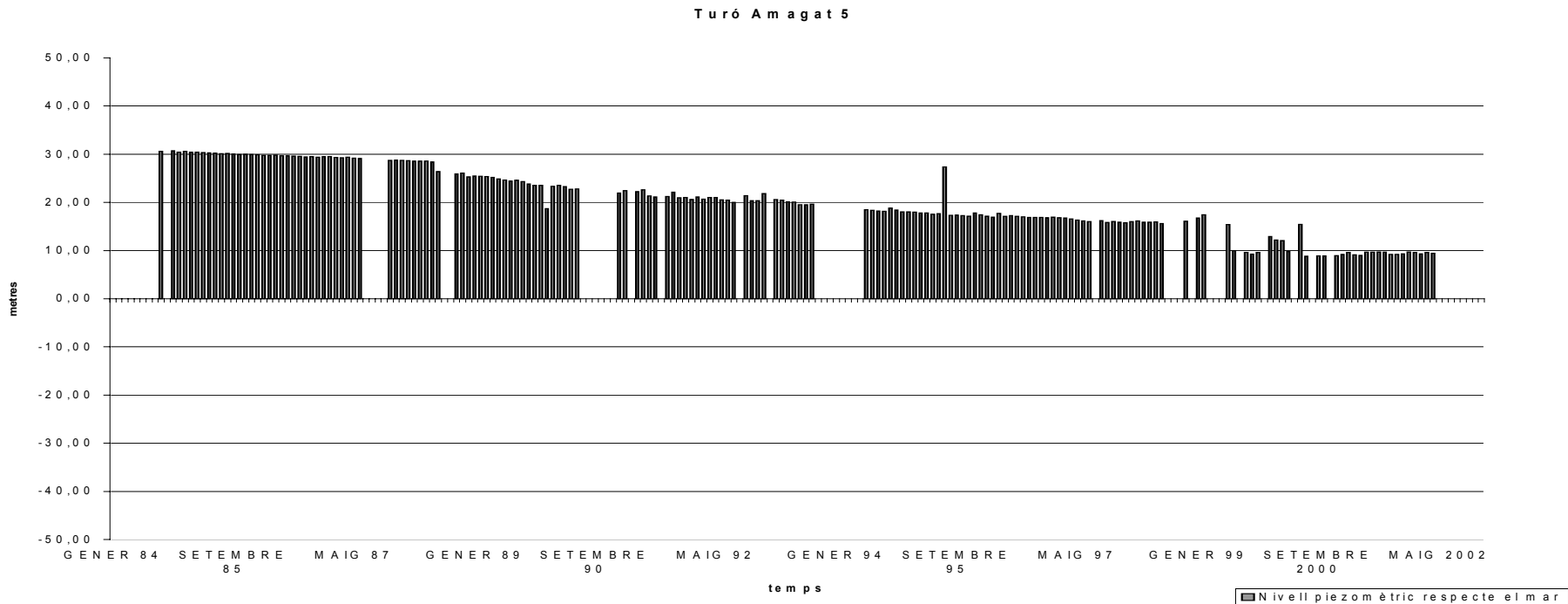


Gràfic 5: Font: Elaboració OBSAM a partir de dades de Govern Balear

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Un exemple de la part oriental de l'illa seria el cas de Turó Amagat, en el que també es pot observar aquest descens.



Gràfic 6: Font: Elaboració OBSAM a partir de dades de Govern Balear

S'ha produït un descens d'uns 20 metres al llarg del període.

De totes maneres, hi ha marcades diferències en el comportament dels diferents piezòmetres de l'illa segons la seva situació. Les dades piezomètriques al nostre abast són prou complertes amb un total de més de 120 piezòmetres amb un seguiment més o menys continuat per al període 1984 fins a l'actualitat.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

7.4 EL BALANÇ HÍDRIC SERIAT DEL MIGJORN:

És primordial per al nostre estudi, i per portar a terme una gestió racional i sostenible dels recursos, determinar el volum d'aigua infiltrat que recarrega l'aqüífer. Hi ha diversos mètodes possibles per estimar aquesta recàrrega i en farem servir un d'empíric (Thornthwaite) que pren com a dades de partida la precipitació i la temperatura, realitzant un balanç hídric seriat. Aquest balanç seriat, agafant dades mensuals, tracta de saber quin volum d'aigua precipita i d'aquest quin volum infiltra i passa a formar part dels aqüífers cada mes. Aquest volum infiltrat l'obtenim de la següent manera: de cada dada de precipitació mensual li restem el volum evapotranspirat també en el mateix mes, i d'aquesta diferència, hi ha una part que queda retinguda al sòl. Si es dona el cas que el volum que ha precipitat menys l'evapotranspirat supera la capacitat d'emmagatzematge del sòl, obtenim uns excedents d'aigua que infiltren i recarreguen l'aqüífer o produeixen escorrentia superficial. Hi ha mesos en canvi que són deficitaris degut a que l'aigua que precipita no supera els valors d'evapotranspiració potencial, és a dir que tota l'aigua que precipita s'evapotranspira.

És important, però, tenir en compte que en climes com el nostre, degut a que ens trobem en una zona on gran part de les precipitacions es solen concentrar en unes poques tempestes al llarg de l'any, treballant amb valors mensuals correm el risc de cometre errors considerables. Per al càlcul de la infiltració, i per tant d'estimació del valor de la recàrrega de l'aqüífer, en zones àrides o semiàrides, es requereix un balanç hídric diari. De totes maneres, aquest balanç hídric mensual ens dona una idea de quins han estat els anys excedentaris i deficitaris en el període estudiat.

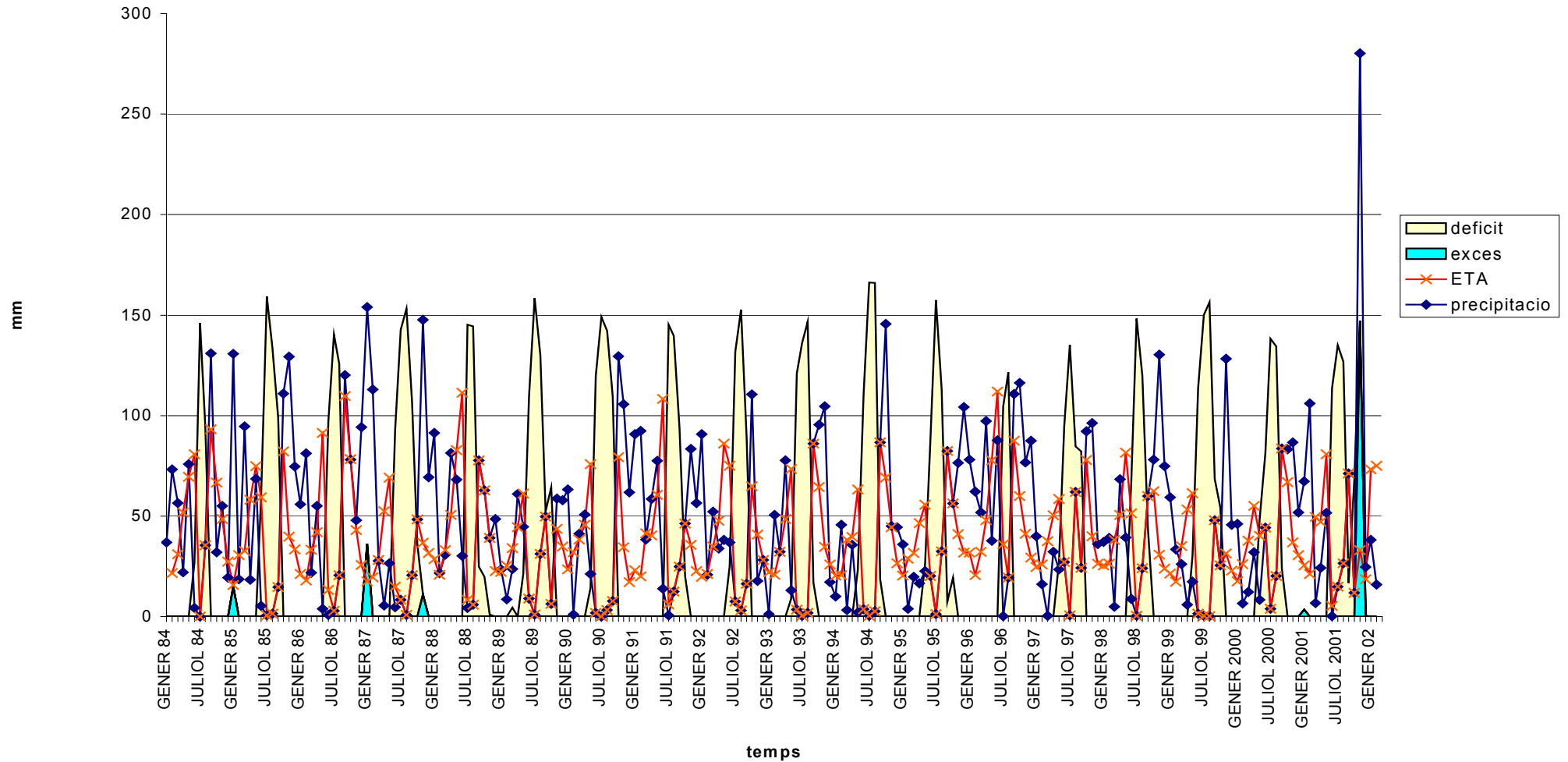
Així doncs, hem fet el balanç hídric seriat per al conjunt del sector de migjorn tenint en compte les pluviometries mitjanes de cada mes, calculades amb el mètode dels polígons de Thiessen per al total de la zona d'estudi i temperatures mitjanes també per a cada mes. S'ha agafat com a volum que queda retingut al sòl 100 mm, és a dir, la màxima reserva d'aigua que pot contenir el sòl, ja que és el valor que s'estima per a sòls argilosos. Aquest valor també va ser usat per Jansà en l'enciclopèdia de Menorca, vol.I. Hem començat les sèries estimant que el volum d'aigua retingut pel sòl és el 50% de la seva capacitat màxima, és a dir, 50 mm.

Observant el gràfic ens adonem que hi ha un seguit d'anys on no es donen excedents d'aigua al sòl. Com hem dit, tractant-se d'un balanç mensual, no vol dir que no s'hagi donat infiltració en aquests anys però, sí que ens indica que el període d'estudi

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

BALANÇ HIDRIC SERRAT MIGJORN



presenta tota una sèrie d'anys secs, en general deficitaris en aigua, en els quals la infiltració és molt petita.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Gràfic 7: Font: Elaboració OBSAM a partir de dades de Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears

Fent el balanç hídric mensual per als diferents sectors de l'aqüífer trobem diferències, quant als excedents d'aigua al sòl, per als diferents anys. D'altra banda trobem variacions en la pluviometria de cada sector i en els volums d'aigua extrets per al consum, a més de diferències hidrogeològiques quant a les possibilitats d'intrusió marina. Per aproximar-nos al coneixement d'aquestes diferències, realitzarem el balanç distingint els tres sectors principals de l'aqüífer de migjorn: llevant, centre i ponent.

7.4.1 SECTOR DE LLEVANT: Zona Maó-Es Castell-St Lluís:

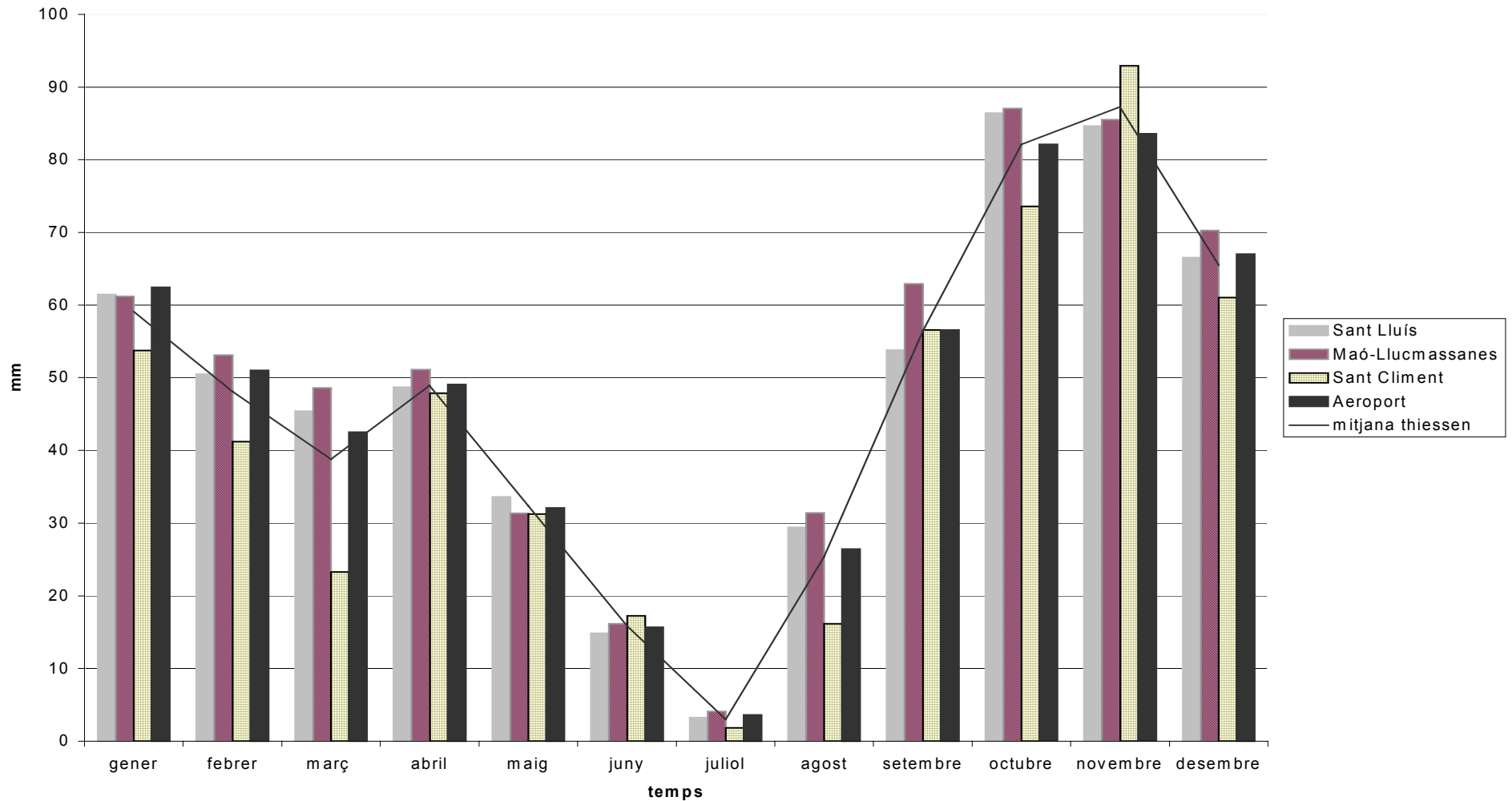
Extensió: 9075,36 Ha

- **ENTRADES:** Pluviometria: La pluviometria mitjana de la zona, calculada per polígons de Thiessen és de 561,45 mm, el que suposa un volum de 50,95 Hm³ precipitats per al total de la zona de llevant.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

pluviometria mitjana zona oriental



Gràfic 8: Font: Elaboració OBSAM dades del Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

➤ SORTIDES:

Evapotranspiració: la mitjana anual d'evapotranspiració és de 468,75 mm

Consum: Dades obtingudes:

any	Volum extret											Volum facturat										
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01
St. Lluís							X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X
Maó											X					X	X	X	X	X	X	X
Es castell											X											X

Quadre 6: dades de volums extrets i facturats disponibles de la zona de llevant.

Hi ha una falta important de dades per a poder crear un sèrie de consum i poder correlacionar dades de consum amb la pluviometria i els nivells piezomètrics. Les sèries no son contínues en el temps i és molt important acabar de recopilar les dades que falten i poder veure quina és l'evolució del consum. Actualment estem a la espera de dades de SOREA.

Segons les dades aconseguides fins al moment tenim un volum extret al sector de llevant de 4.012.738 m³ (4 Hm³). S'ha de tenir en compte que falten les dades corresponents a les empreses privades que abasten aigua a les zones de Binissafuller, S'Algar (St. Lluís); i Canutells, Binixica i Binidali (Maó). Aquestes són zones turístiques en què a l'estiu es produeix un elevat consum.

El volum facturat és de 2.711.539 m³ (2,7 Hm³). Hi ha una diferència molt gran entre el volum extret i el facturat, la qual cosa deu ser deguda a pèrdues de xarxa i volums no registrats.

Les dues properes gràfiques mostren l'evolució del consum de l'any 2001 per volum extret dels pous i per volum facturat respectivament.

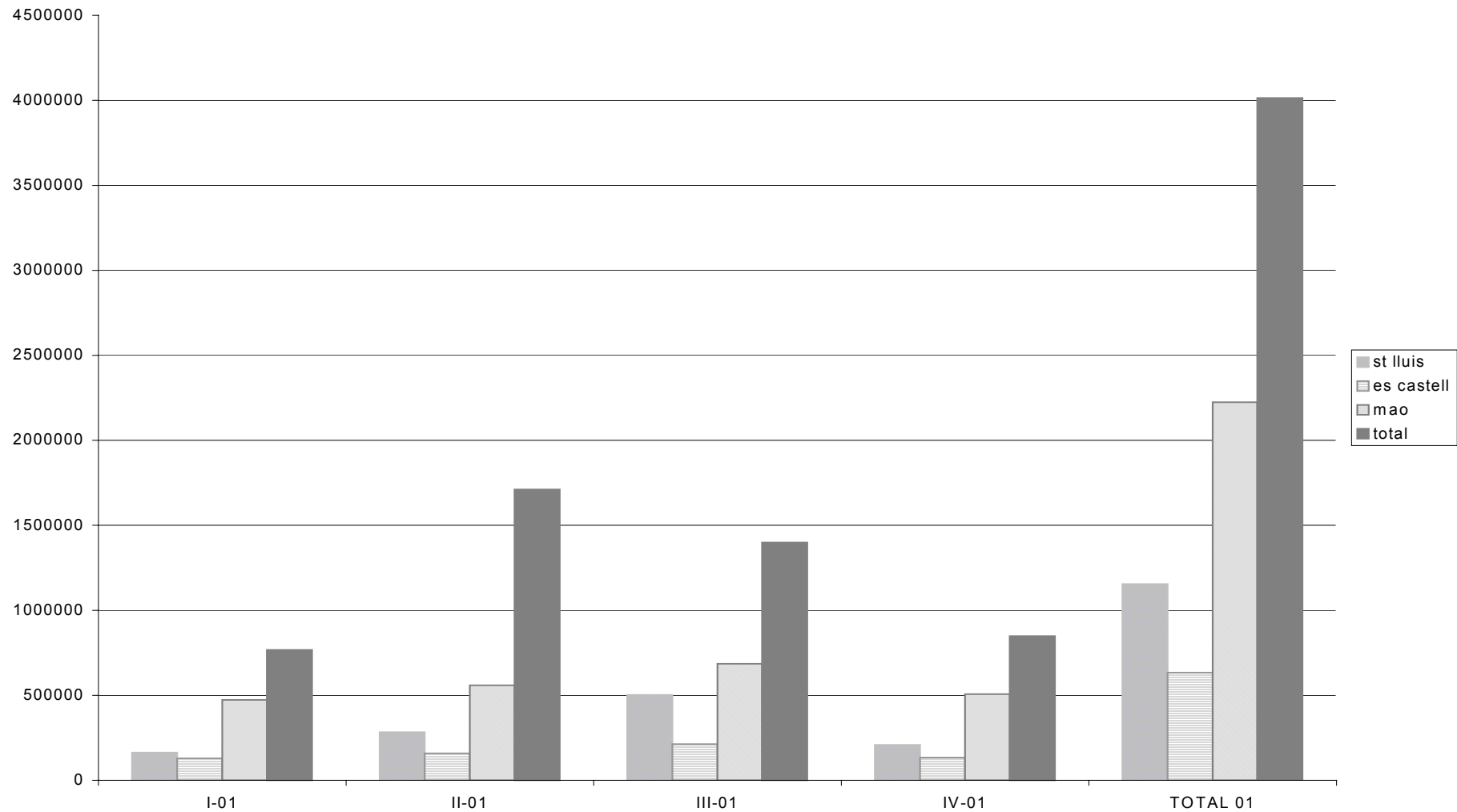
Així doncs, tenim un volum extret per al consum urbà i turístic en el sector de llevant sobre els 4 Hm³ anuals, essent l'estiu quant es produeixen els pics de consum, alhora que és de suposar un augment del consum al llarg del període estudiat.

Si ens fixem en el consum total anual, veiem que el més gran es dona, com era d'esperar, a Maó, degut al seu nombre d'habitants, És també important l'elevat consum que es dona a St. Lluís, sobretot a l'estiu, en que iguala, en volum facturat, el consum de Maó.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

consum extret zona llevant 2001

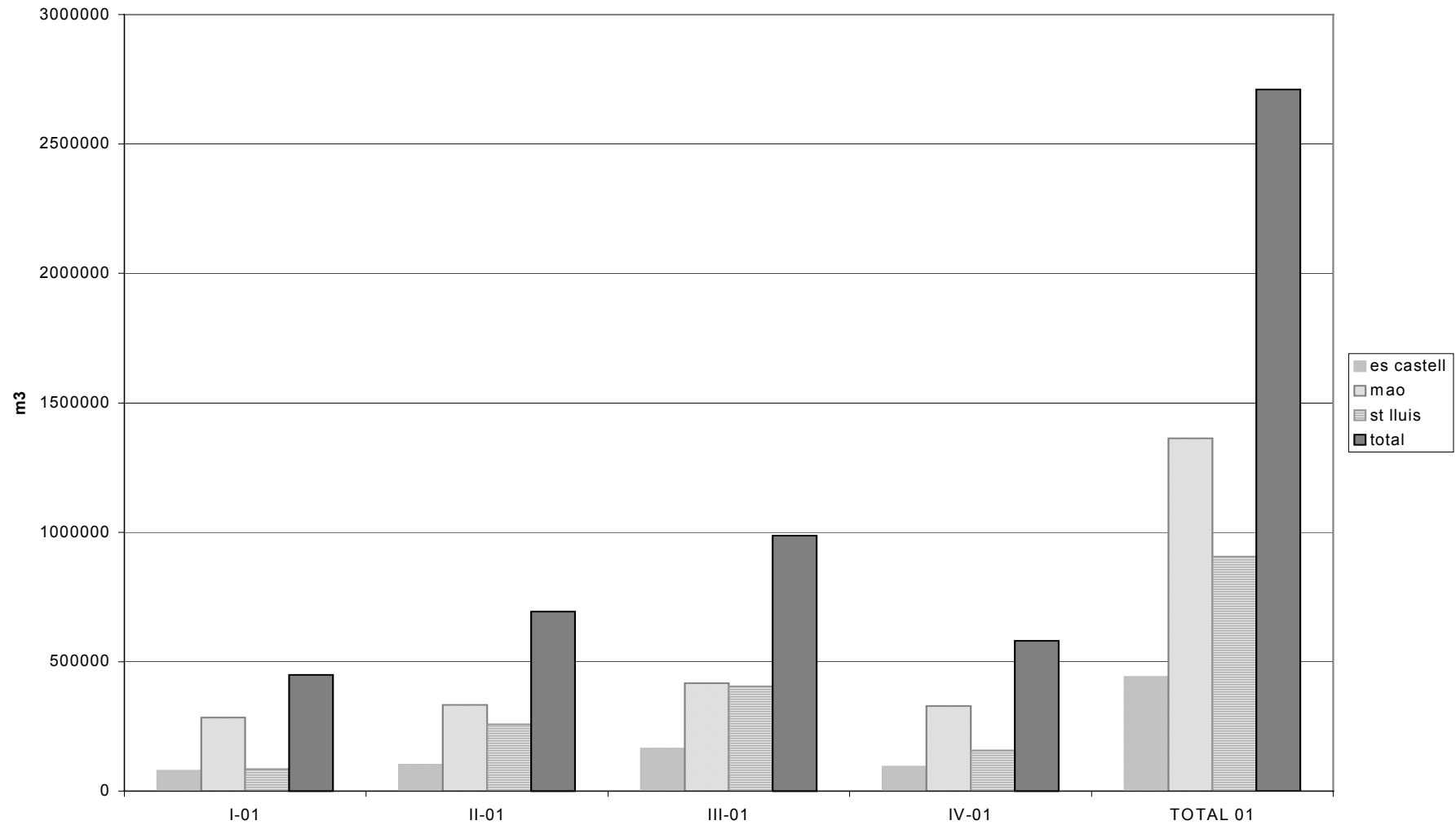


Gràfic 9: Font: Elaboració OBSAM, amb dades de la D.G.Recursos Hidrics, Govern Balear.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

consum facturat zona llevant



Gràfic 10: Font: Elaboració OBSAM, amb dades de la DG Recursos Hídrics del Govern Balear

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

➤ BALANÇ HÍDRIC SERIAT ZONA LLEVANT:

Fent el balanç hídric de la zona de llevant, el gràfic ens mostra els excessos d'aigua al sòl segons el balanç hídric seriat, és a dir, la precipitació menys l'evapotranspiració menys l'aigua que queda retinguda al sòl, que com hem dit, l'hem suposada de 100 mm. Veiem que es donen unes fluctuacions del nivell piezomètric al llarg del període. Les variacions en el nivell piezomètric són el resultat del balanç (entrades menys sortides) que poden venir donades per els excedents hivernals, aigua que recarregaria l'aqüífer, i els dèficits estivals coincidents amb les èpoques de major extracció d'aigua per al consum, tant urbà com agrícola. Paral·lelament, es dona una disminució general del nivell al llarg del període, d'uns 15 metres. Si ens fixem amb les èpoques de excedents nuls o molt petits es dona un pendent negatiu més gran en la línia del nivell piezomètric. Això pot fer-nos pensar en que s'està sobreexplotant les reserves en els anys més secs, en el que el volum d'aigua que recarrega l'aqüífer és menor, alhora que el volum extret és superior, sobretot pel que fa al consum agrícola.

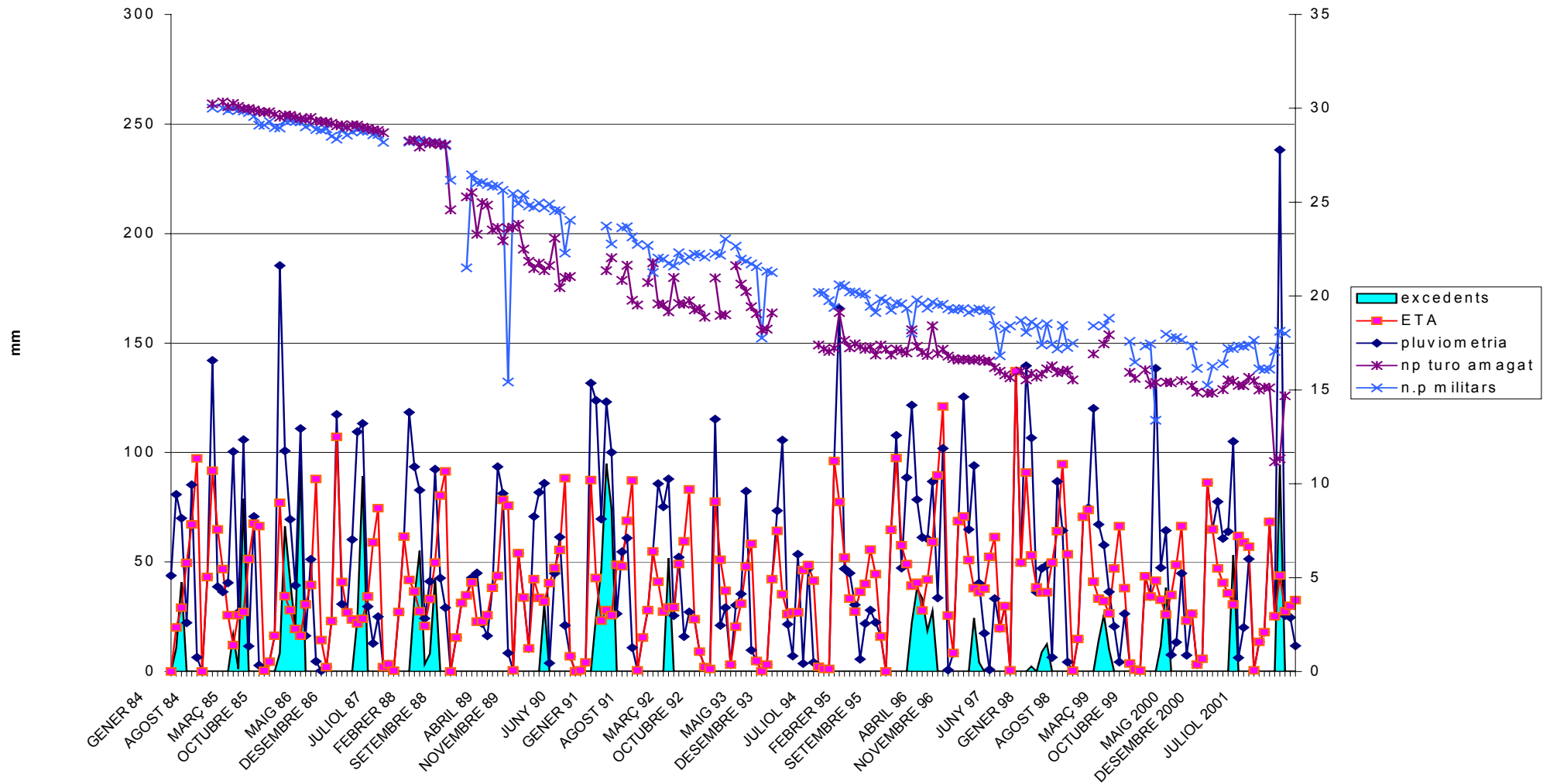
De totes maneres, hem de tenir present que els excedents calculats no son exactament la recàrrega de l'aqüífer, ja que si ens fixem en els excedents d'aigua al sòl al llarg del període i les fluctuacions dels nivells piezomètrics, veiem que els excedents no es correlacionen exactament amb els canvis del nivell piezomètric. Això es degut a que hem fet un balanç hídric mensual i tractem amb dades mitjanes mensuals, és a dir, que la pluja total precipitada un mes la dividim entre els dies del mes, així doncs, com ja s'ha esmentat anteriorment, en climes com el de Menorca, on hi ha unes poques precipitacions al llarg de l'any, podem cometre errors a l'hora d'estimar la recàrrega amb dades mensuals, ja que les precipitacions s'acumulen en uns dies i són nul·les la major part dels dies del mes, i per tant la recàrrega serà superior els dies en que es doni la precipitació i nula els dies sense precipitació. Per estimar la recàrrega de forma més precisa hauríem de fer un balanç hídric diari, però actualment no disposem d'aquestes dades.

Així doncs, aquest balanç hídric mensual ens és d'interès per tal de tenir una idea de quines son les èpoques més seques dins el període estudiat, en les que els excedents son molt petits, que com hem dit, veiem que sembla que comporten una disminució més accelerada dels nivells piezomètrics, i possiblement indiquin una sobreexplotació de l'aqüífer, molt probable en anys secs.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

BH sector llevant



Gràfic 11: Font: Elaboració OBSAM. Dades del Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Punts clau i que s'han d'aprofundir:

- El consum urbà, turístic i industrial de la zona de llevant actualment es troba en els 4 Hm³, segons dades de volums extrets de SOREA i Aigües de St. Lluís, facilitades per la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern Balear. Estem a l'espera de més dades procedents de les mateixes empreses. D'altra banda, falten dades relatives a algunes poblacions turístiques amb gestió privada, la qual cosa farà augmentar lleugerament aquesta xifra. El consum facturat se situa al voltant dels 2,8 Hm³. Aquesta diferència deu ser donada per pèrdues de xarxa, volums no registrats etc ..
- Pel que fa al consum agrícola no es tenen dades d'extracció real.
- Es dona una quantitat important de volum consumit per a usos turístics en la part sud de la zona estudiada, en gran part utilitzada per xalets (piscines, jardins...). S'ha de tenir en compte que a St. Lluís s'estan realitzant esforços per a la reutilització d'aigües residuals. L' EDAR de St. Lluís està depurant aigua amb tractament terciari que s'està reutilitzant per a rec (400 m³), però hi ha problemes tècnics i no s'aconsegueix abastar la demanda d'aigua depurada per a rec, extraient la resta de pous.
- Trobem problemes de salinització de pous en algunes zones i presència de nitrats degut als fertilitzants utilitzats en els horts, i a les fosses sèptiques.
- El balanç hídric d'aquest sector ens mostra un seguit d'anys deficitaris que coincideixen amb una important davallada en els nivells piezomètrics que no es recupera en els anys següents. Aquesta davallada dels nivells i la salinització dels pous fa pensar que s'estan sobreexplotant els recursos, sobretot en anys secs.

7.4.2 SECTOR CENTRAL:

Superfície :13036,139 Ha.

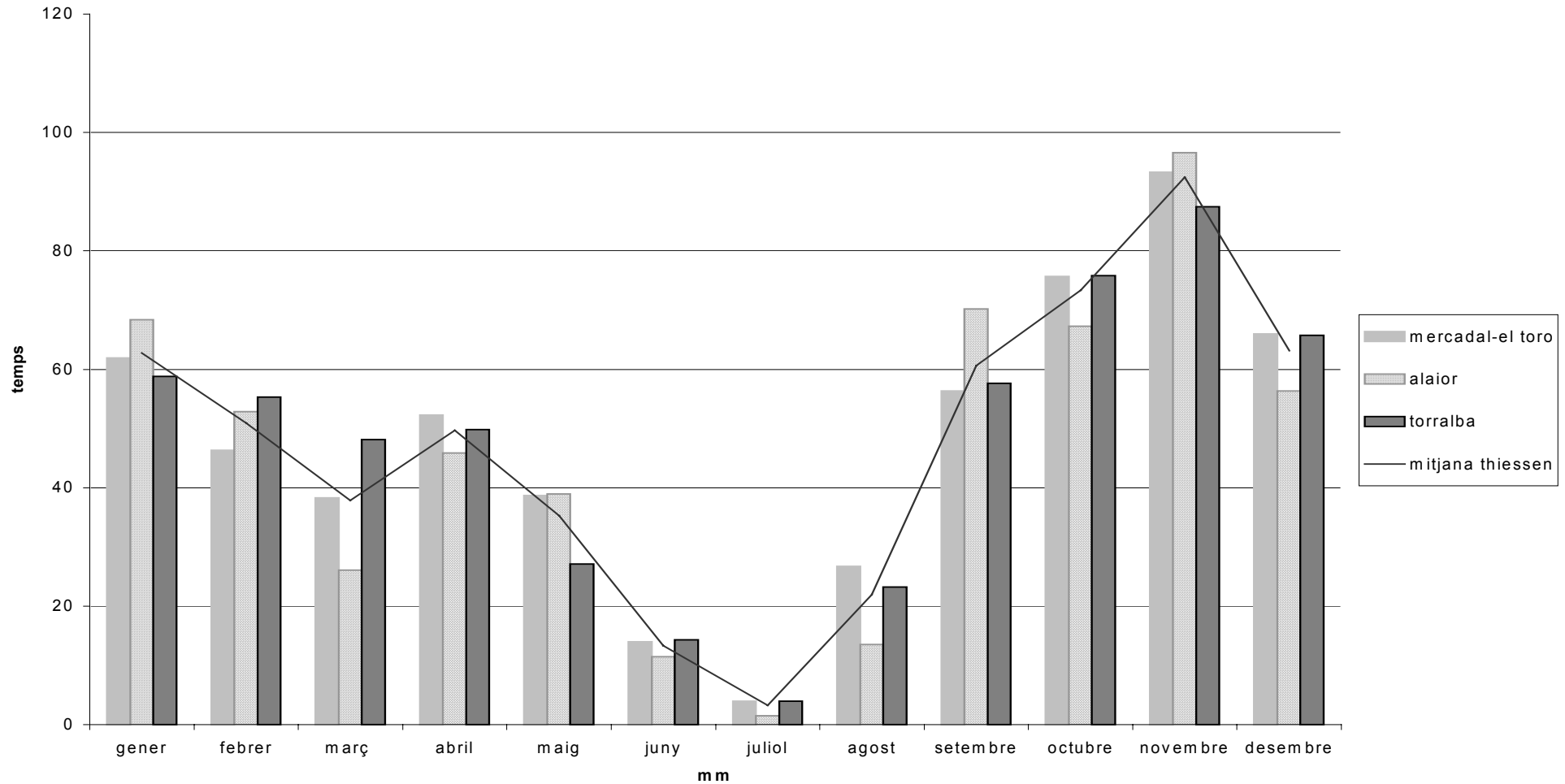
➤ ENTRADES:

Pluviometria: La pluviometria mitja és de 556,3 mm anuals calculat pel mètode dels polígons de Thiessen per al període 1984-2002, el que equival a 72,52 Hm³ per a la zona centre. Si mirem les dades dels últims 30 anys la pluviometria mitja és de 543,8 mm anuals. La infiltració (suposant que correspon al 27 % de la pluviometria) és de 19,58 Hm³.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

pluviometria mitja mensual thiessen sector central



Gràfic 12: Font: Elaboració OBSAM amb dades del Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

➤ SORTIDES:

Evapotranspiració: la mitjana anual d'evapotranspiració actual, extreta dels balanços hídrics seriat, és de 445,7 mm per al període 84-02.

Consum:

Dades disponibles: Pertanyent al sector central hem pogut obtenir les següents dades:

any	Volum extret											Volum facturat										
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01
Mercadal i migjorn	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										X	X
ferrerries								X	X	X	X							X	X	X	X	X
Serpentona/cala Galdana											X											x
Cala'n porter								X*	X*	X*	X											x
Alaior*								X	X	X												x

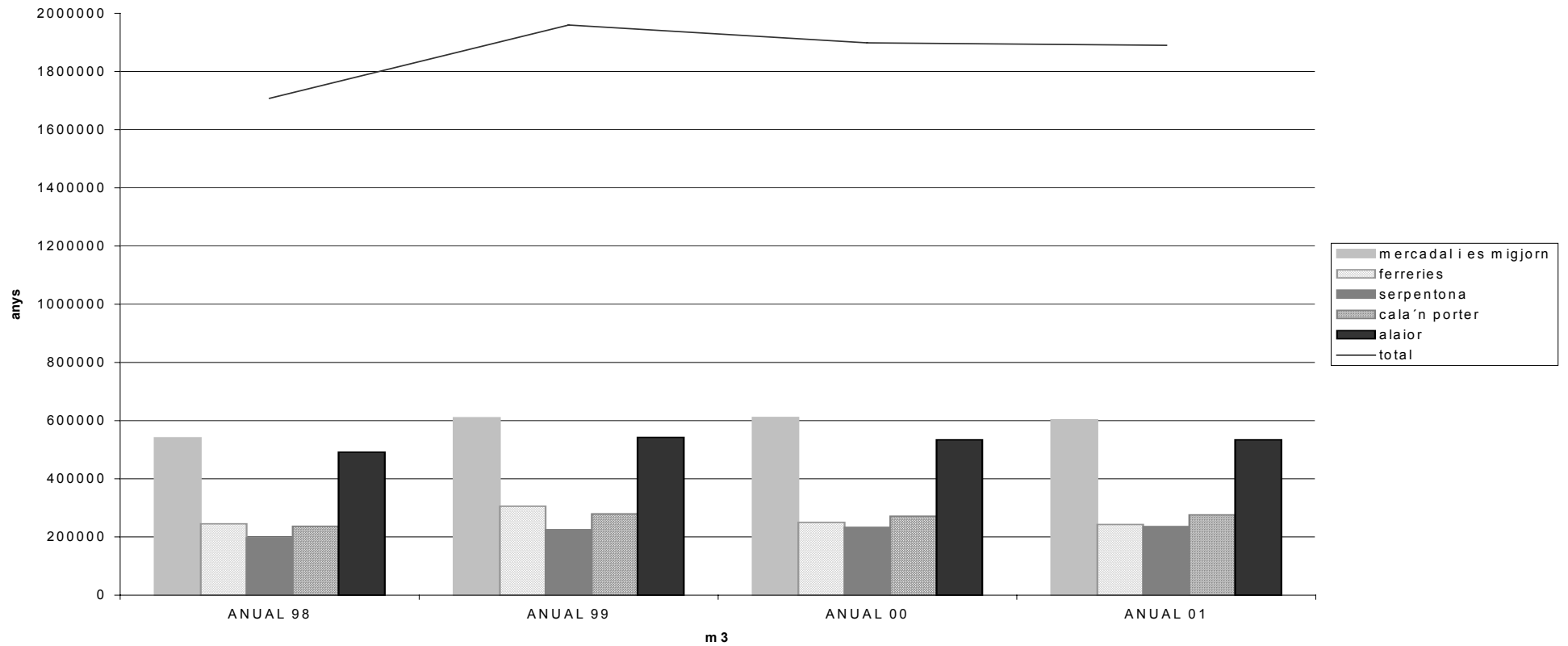
Quadre 7: dades disponibles de volum extret i facturat al sector central. (*) dades extretes de l'auditoria ambiental d'Alaior (URS)

Com es pot observar hi ha falta de dades important. Les dades d'es migjorn i Mercadal son molt complertes i existeixen sèries de dades de consum d'Alaior prou àmplies, a les quals encara no s'ha pogut accedir, però properament es recopilaran. D'aquesta manera obtindrem sèries molt complertes de la zona centre, per la qual cosa considerem que és una bona zona per a aprofundir en l'estudi de l'aquífer i a partir d'aquesta zona poder aproximar-nos al funcionament dels sectors on hi ha més dificultats per a accedir a les dades.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

volum extret dels aqüífers del sector central de migjorn



Gràfic 13: Font: elaboració OBSAM a partir de dades de DG de Recursos Hídrics, Ajuntament d'Es Mercadal i auditoria ambiental municipal d'Alaior

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Podem observar l'augment de consum en els diferents anys, fins arribar als 1.889.766 m³, es a dir 1,89 Hm³ l'any 2001. S'ha de tenir en compte que hem agafat el supòsit que Serpentina ha extret durant els anys estudiats el mateix volum que el 2001, tal com passa a St. Tomàs, tot i que probablement hagi augmentat al llarg del temps i s'ha considerat el consum de Serpentina i Cala Galdana, conjuntament, com de la zona centre, degut a que els pous d'abastament d'ambdues urbanitzacions se situen a la banda del torrent corresponent al terme municipal de Ferreries.

D'altra banda falten dades reals d'extracció de son bou i Torre-solí, per tant, les dades reals d'extracció seran superiors.

El quadre següent ens mostra el volum extret dels diferents municipis del sector central. Els pous situats al terme d'Es Migjorn gran abasten d'aigua al municipi de Migjorn i Mercadal, tot i que existeixen els pous de Sa Roca, al terme municipal de Mercadal, que abasten part de l'aigua de Fornells, Cala Tirant i Ses Salines. Així doncs, sabem el volum extret dels pous de Migjorn que abasten Mercadal i Migjorn gran però és difícil saber exactament el consum facturat a Mercadal provenint d'aigua de Migjorn, ja que hi ha part de l'aigua de la zona de Fornells que prové dels pous de sa roca i altre part que prové dels pous de Migjorn. Així doncs, a l'aigua facturada a Mercadal provenint de Migjorn se li hauria de sumar part de facturació de Fornells, Cala Tirant i sa Roca.

Quadre 8: consum d'aigua als diferents municipis del sector central, extreta i facturada; i estimacions de les diferents auditories ambientals municipals per al consum agrícola.

Localització dels pous	Destinació de l'aigua	Extreta (m ³)	Facturada + no facturada	Estimació consum agrícola **
Serpentina	Cala Galdana	235837	207628	
Municipi d'Es migjorn St. Tomàs	Migjorn, Mercadal, Fornells St. Tomàs	412390 190150	117958 183540	265418(46%)
Mercadal			96181	164188 (10%)
Alaior	Cala'n Porter Alaior Torre-solí * Son Bou *	275292 533461 181613 92843	236372 270340 181613 s.d.	556348 (28%)
Ferreries	Ferreries	242636	149631 (2000)	1050000
Total sector central		2.164.222	1.443.263	2.035.954

Font: Elaboració OBSAM dades: Ajuntament d'Es Mercadal i *auditoria ambiental d'Alaior (URS); **dades de les diferents auditories ambientals

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Així doncs, si sumen les dades d'extracció de Son Bou i Torre-Solí estimades per l'auditoria ambiental municipal d'Alaior, obtenim un volum anual extret de 2,164 Hm³ per al 2001.

➤ **BALANÇ HÍDRIC SERIAT ZONA CENTRE**

Observant el gràfic 14 ens adonem que els canvis en els nivells piezomètrics son importants, d'uns 15 metres fins a 30 metres en el cas de Font Rodones. Podem veure com, de manera similar a la zona de llevant, en aquesta zona es donen davallades més importants dels nivells piezomètrics en èpoques en les que no es donen excedents al sòl. De la mateixa manera es dona un descens dels nivells a banda de les precipitacions, és a dir, sembla que es donen recuperacions importants en els períodes en que es donen grans excedents al sòl però mai no recupera el nivell anterior sinó que simplement es dona una elevació del nivell sense arribar a recuperar-se. Sempre hi ha la tendència al descens, degut segurament, a les extraccions per al consum.

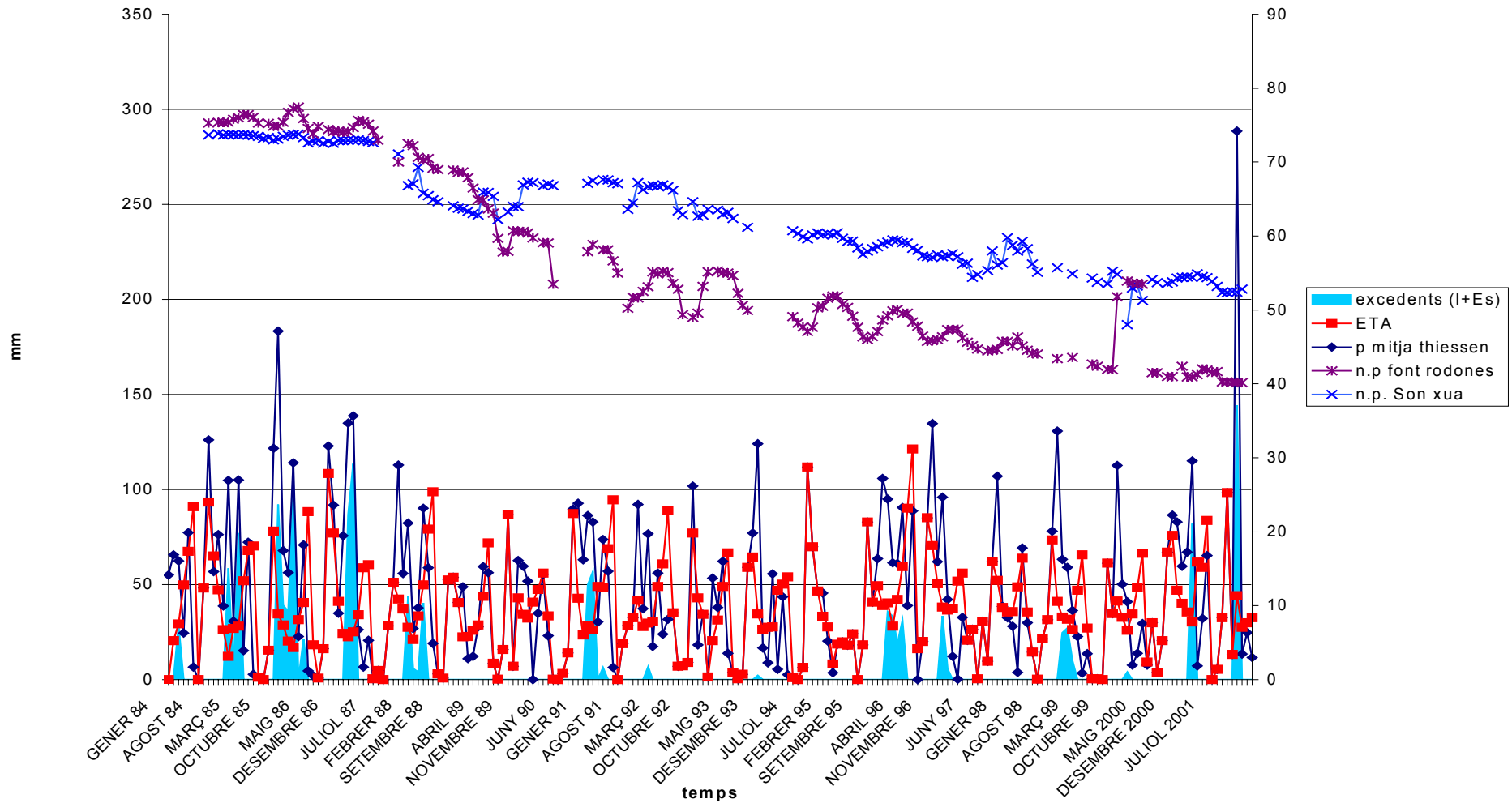
També, com en el cas de la zona de llevant, les fluctuacions dels nivells piezomètrics no correlacionen exactament amb els excedents a causa de ser un balanç hídric mensual i no diari, com hem comentat anteriorment, però les fluctuacions anuals corresponen a davallades importants a l'estiu i recuperacions amb els excedents hivernals.

D'altra banda, el gràfic nombre 15 ens mostra el contrast entre les desviacions acumulades de precipitació de la zona de migjorn amb els canvis en el nivell piezomètric. Veiem que hi ha una resposta del nivell piezomètric davant les precipitacions. Podem observar els màxims i mínims del nivell piezomètric amb un cert retard dels màxims i mínims en la desviació de les precipitacions, però de totes maneres es produeix un descens del nivell piezomètric, a banda de les precipitacions. Aquests descens, pot ser donat, com hem dit, al període on els excedents son nuls, a més del continuat increment del consum. Així doncs, es donen clars símptomes de sobreexplotació.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

BALANÇ HÍDRIC SERRAT ZONA CENTRE

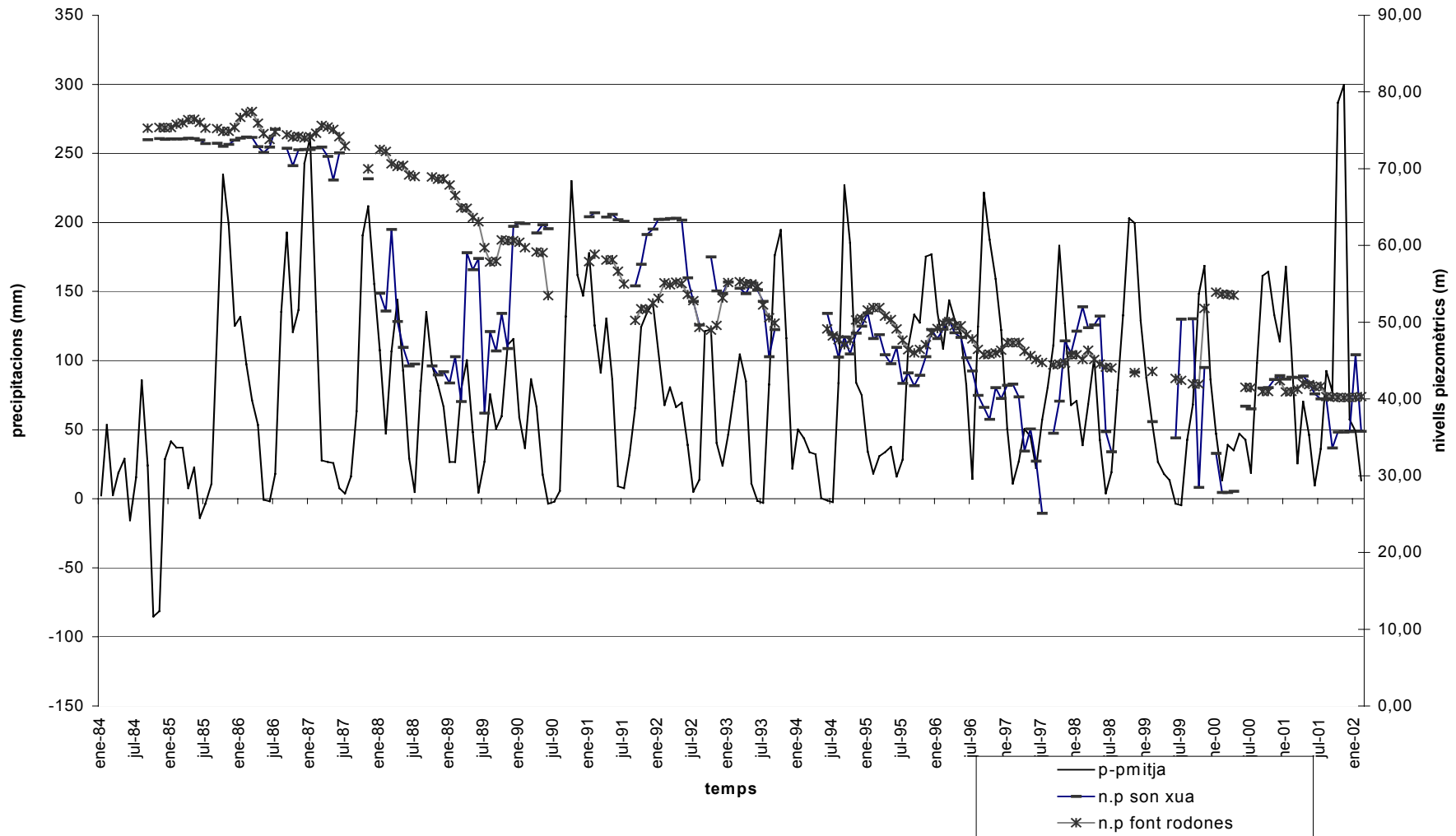


Gràfic 14: Font: elaboració OBSAM . Dades Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balear i del Govern balear

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

desviació mitja acumulada de les precipitacions i nivell piezomètric



Gràfic 15: Font: elaboració OBSAM.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Punts clau i que s'han d'aprofundir:

- Es tracta d'una zona amb possibilitats d'obtenir sèries complertes de consum.
- El consum d'aigua per a usos domèstics i industrials se situa al voltant dels 2,16 Hm³.
- Les estimacions de les diverses auditories ambientals per al consum agrícola sumen un total de 2,035 Hm³
- Els nivells piezomètrics pateixen un descens important, d'entre 15 i 30 m en el període estudiat.
- El balanç hídric mensual ens indica que sembla existir certa correlació dels nivells piezomètrics i els excessos d'aigua al sòl, essent els descensos més pronunciats en les èpoques sense excedents al sòl, i recuperant-se lleugerament els nivells quan hi ha excedents importants però mantenint-se un descens dels nivells a banda de les precipitacions, possiblement degut a les extraccions per al consum.
- Segons l'estudi de Fayas, 1982, s'estima en 3-4 Hm³ els recursos explotables en la zona centre. Actualment hem vist que el consum urbà i turístic suposa uns 2 Hm³/any i si suméssim les estimacions de consum agrícola possiblement estaríem superant els 4 Hm³/any.
- El marge d'error en estimar els diferents factors del balanç hídric (infiltració de precipitacions, descàrregues al mar, consum agrícola) ens impedeix afirmar-ho taxativament, però també pot ser que ja estem situats dins la sobreexplotació.

7.4.3.SECTOR DE PONENT. CIUTADELLA:

Superfície: 14634,218 Ha.

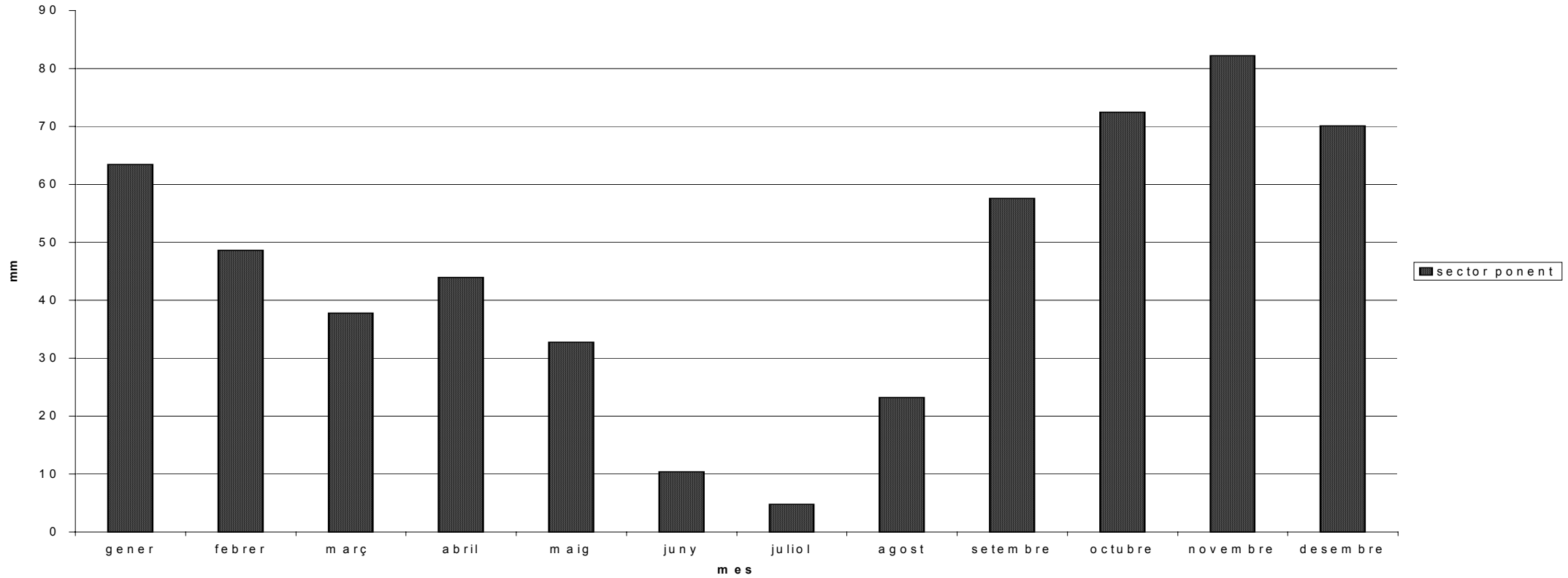
ENTRADES:

Pluviometria: La Pluviometria mitjana de ciutadella és de 511,76 mm per al període estudiat, el que suposa un volum precipitat de 74,89 Hm³. La infiltració, prenen les dades del pla hidrològic (27% de la pluviometria) correspondria a 20,22 Hm³

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

pluviometria mitjana sector ponent



OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

SORTIDES:

Evapotranspiració: l'evapotranspiració actual segons el balanç hídric mensual correspon a 449,9 mm anuals de mitjana per al període estudiat.

Consum: Fins al moment no s'han pogut recopilar dades reals de consum d'aigua al municipi, tant sols es disposa de xifres de consums estimats per als diferents sectors. Segons dades estimades a l'auditoria ambiental municipal, el total d'aigua consumida al municipi es d'uns 8 Hm³/any, essent el 10% d'ús industrial, el 21 % consum urbà, el 23% turístic i el 43% d'ús agrícola-ramader, però no es tenen sèries de cabals extrets dels pous de captació per a poder correlacionar dades.

➤ **BALANÇ HÍDRIC SERIAT SECTOR PONENT:**

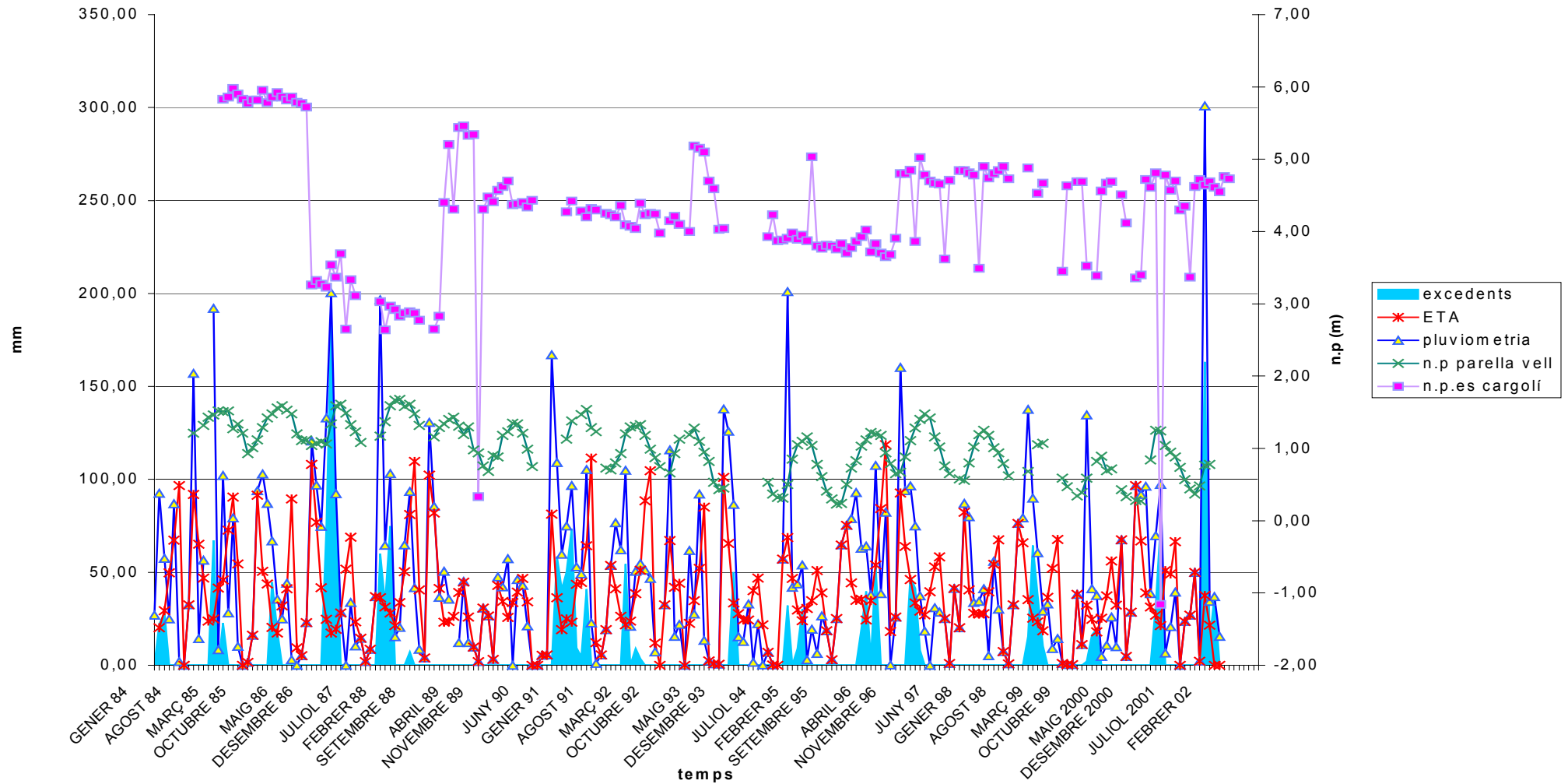
Pel que fa als nivells piezomètrics al sector de Ciutadella, veiem que hi ha forta una estacionalitat en els nivells, amb davallades a l'estiu, on el consum és màxim i no es donen excedents al sòl, i augments en èpoques hivernals, quan es donen excedents al sòl, però no sembla haver una relació clara entre els excedents resultat del balanç hídric de Ciutadella i els nivells. Això pot ser donat a que l'extracció d'aigua segurament és de gran influència sobre les fluctuacions contínues dels nivells piezomètrics, sobretot des cargolí, que són les fonts de subministrament d'aigua al municipi, alhora que al trobar-nos ja en una zona molt propera al mar, els excedents locals queden esmorteïts i no son tant importants en la recàrrega de l'aquífer, si no que ho és més el comportament general de l'aquífer i els excedents en zones de recàrrega més interiors. Veiem, a banda de les importants fluctuacions, que el descens general al llarg del període és molt petit en relació amb les altres dues zones, això és degut a que en general, les extraccions d'aigua en zones properes a la costa quasi bé no afecten als nivells piezomètrics i aprofiten una part important dels recursos disponibles, tot i que s'ha de tenir en compte que el descens net del nivell piezomètric pot ser menys acusat però que petites variacions del nivell poden portar problemes d'intrusió marina degut a la hidrogeologia de la zona i al nivell piezomètric quan es troba sota el nivell del mar. S'observen en aquesta zona greus problemes de salinització de pous, molts en desús per aquesta causa i altres amb elevats continguts en clorurs. Això comporta una mala qualitat de l'aigua per al consum i possibles problemes amb les infraestructures.

És molt important realitzar una feina de recopilació i posar a disposició pública totes les dades d'extracció i facturació, ja que és un municipi amb un consum molt elevat, sobretot a l'estiu, amb una gran quantitat d'urbanitzacions i hotels i una afluència enorme de turistes i, per tant, consum d'aigua. Probablement hi hagi un problema de sobreexplotació dels recursos. Les úniques dades aconseguides per el moment corresponen a estimacions indirectes de volum consumit.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

BALANÇ HÍDRIC SERIAT ZONA DE PONENT



Font: elaboració OBSAM amb dades del Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears i del Govern Balear

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Punts clau i que s'han d'aprofundir:

- Ha esta impossible recopilar les dades de consum real d'aquesta zona. Es tenen dades de consums estimats per l'ajuntament, però en cap cas dades reals d'extracció. Així doncs, és important recopilar totes les dades de consum, tant dels pous gestionats per l'ajuntament com dels pous gestionats per empreses privades. D'altra banda, hi ha gran quantitat d'hortals que obtenen l'aigua de pous privats o comunitaris per a uns quants propietaris.
- Es tracta d'una zona amb greus problemes de salinització, amb valors que, a vegades, poden superar els 1000 mg/l de clorurs. Es troben molts pous en desús a causa de la seva salinització. També hi ha problemes de nitrats en algunes zones.
- Es una zona amb una enorme i estacional despesa d'aigua degut a la gran quantitat d'urbanitzacions turístiques.
- Els nivells piezomètrics mostren fluctuacions anuals importants degut a l'elevat consum estival coincident amb excedents nuls, i les recuperacions hivernals. El descens net al llarg de període és petit degut a que les extraccions molt properes a la costa no afecten quasi bé els nivells piezomètrics, però aquestes petites variacions són les produeixen problemes greus de salinització de pous.

8 AIGÜES DEPURADES:

Pel que fa a aigües depurades, Menorca compta amb un total de 9 estacions depuradores gestionades per IBASAN i unes 29 EDARs de gestió privada o municipal.

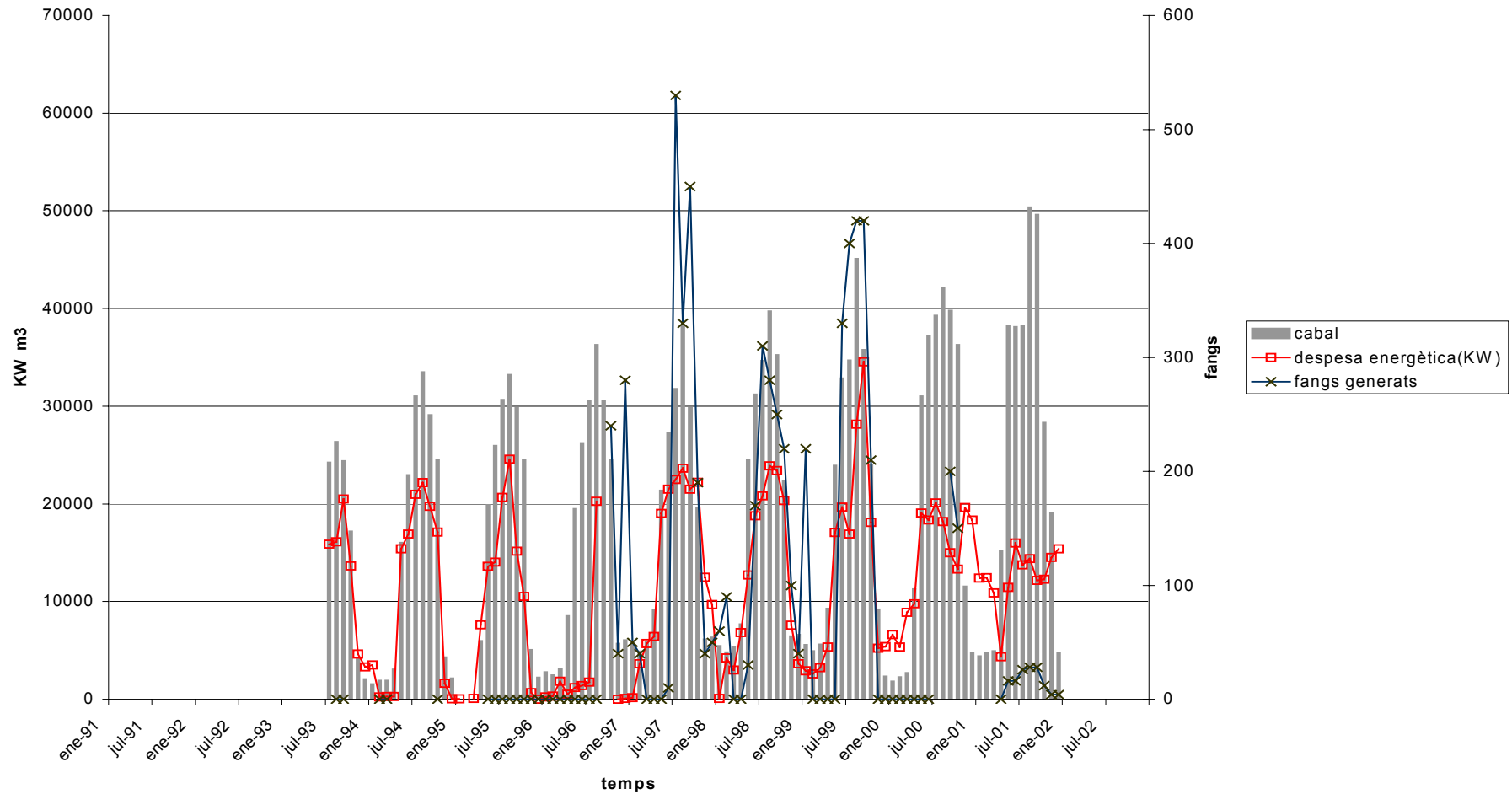
De la mateixa manera que s'ha produït un augment en el consum d'aigua es pot observar un augment en la quantitat d'aigua que arriba a les diferents depuradores. S'ha de tenir en compte que aquest augment és degut a l'increment de consum i a l'augment d'aigua que, un cop utilitzada, és conduïda i tractada a les EDAR.

Per veure algun exemple del cabal que arriba a les depuradores al llarg del temps podem observar l'exemple de Cala Galdana, que és un exemple marcadament estacional ja que Cala Galdana és una zona molt turística on hi ha un augment de la població elevadíssim a l'estiu mentre que a l'hivern el nombre de residents és molt baix.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

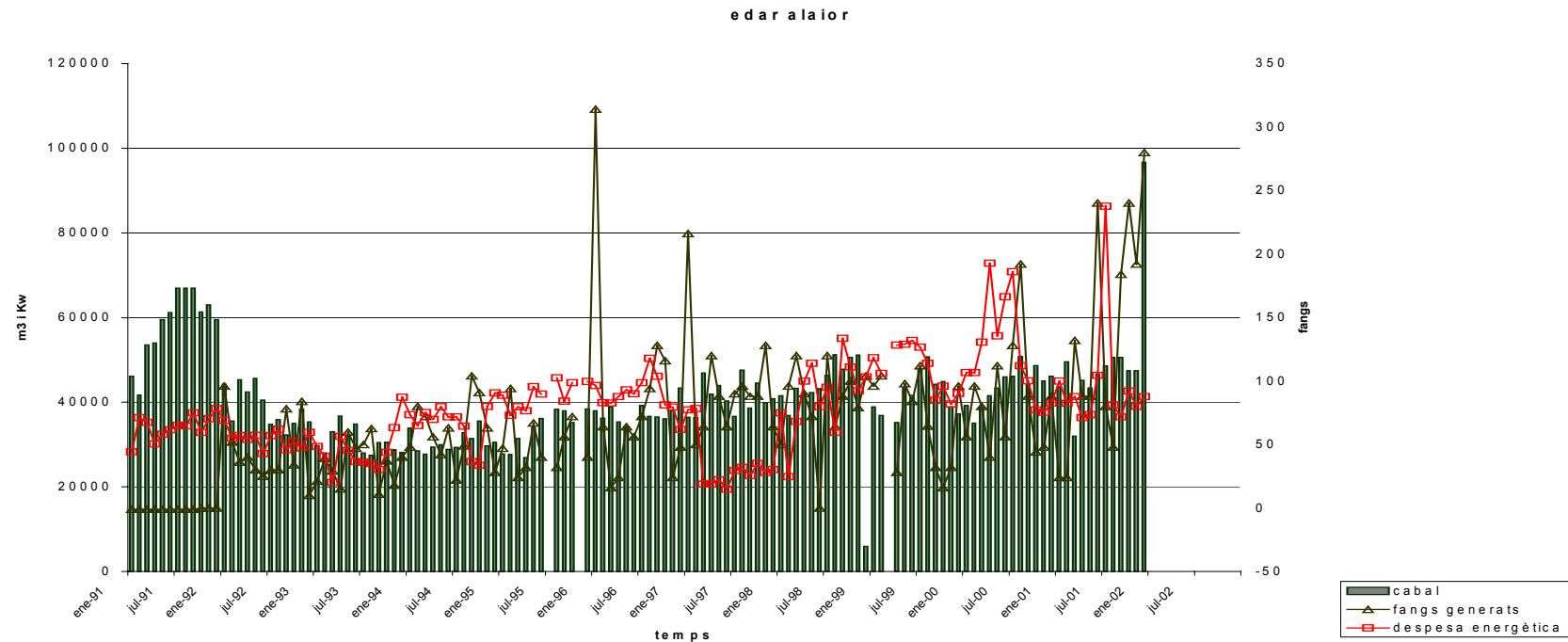
EDAR Cala Galdana



OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

Tenim però altres exemples menys estacionals com podria ser el cas de Alaior:

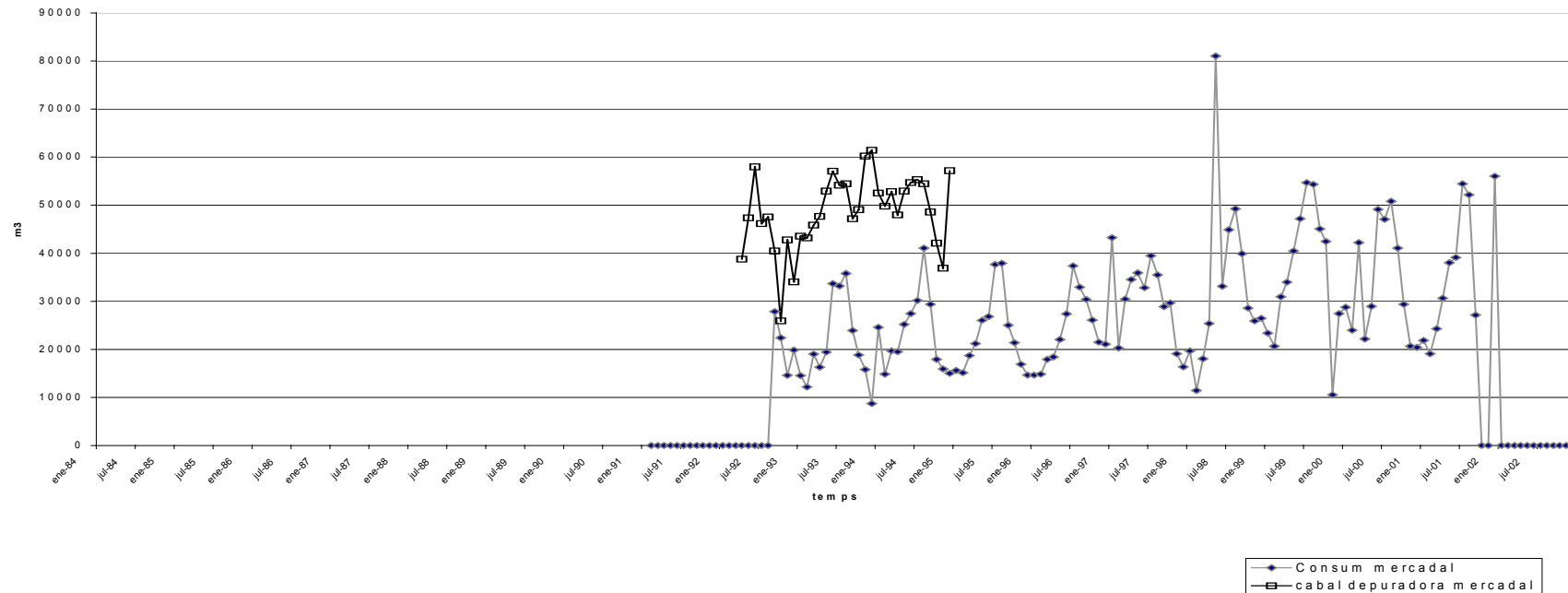


En aquest, també es pot observar aquesta estacionalitat però menys marcada, alhora que s'observa un augment general del cabal d'aigua que entra per l'influent, tot i que a l'inici del període hi ha una gran quantitat de cabal que pateix una disminució en els primers estadis que possiblement serà deguda a la conducció d'aigües residuals cap a noves estacions depuradores implantades en el moment en el que s'observa el descens. Actualment l'OBSAM disposa de les dades descriptives de la totalitat d'estacions depuradores, la seva localització, els seus cabals al llarg del temps i una fitxa tècnica de cadascuna.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

cabal-consum mercadal



A partir de les dades que tenim en quant a aigües depurades podem també correlacionar aquesta cabal d'aigua que entra a les depuradores amb el consum i el nivell piezomètric

Com és normal, hi ha una molt bona correlació entre el consum urbà i l'aigua que arriba a la depuradora, però la sèrie de cabals que arriben a la EDAR d'Es Mercadal és molt curta per a poder estudiar a fons aquesta correlació. Veiem que el volum d'aigua que arriba a la depuradora és més elevat que l'aigua que s'extreu, la qual cosa pot ser deguda a que arribi a la depuradora aigua procedent de consumidors que extreguin aigua de pous privats i/o, possiblement, arribi l'aigua de la pluja.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

9.CONCLUSIONS I PROPOSTES DE TREBALL PER A LA DETERMINACIÓ DELS RECURSOS HIDRICS DE MENORCA:

➤ Conclusions generals per a la zona de Migjorn:

En resum podem observar en el quadre següent els valors per als tres sectors:

Quadre 5: resum dels volums precipitats, infiltrats i extrets del tres sectors de l'aqüífer de Migjorn. Volums en Hm3

Zona	Pluviometria (mm)	Volum precipitat (Hm3)	ETA (mm)	Infiltració precip. (1) (Hm3)	Consum urbà (Hm3)	Consum agrícola* (Hm3)	Recursos utilitzables segons PASIB(2)
Llevant	561,45	50,95	468,75	13,75	4,0	?	12
Centre	556,3	72,52	445,74	19,58	2,2	2,03	6
Ponent	511,76	74,89	449,9	20,22	4,3	3,7	10
Total migjorn	548,6	203,16	457,25	54,85	10,5	?	28

*dades estimades per les diferents auditories ambientals; (1) s'ha utilitzat infiltració = 27% de la pluviometria (Pla Hidrològic); (2) PASIB: Plan de abastecimiento y saneamiento integral de baleares. Menorca, 1972

S'ha de tenir en compte que els recursos utilitzables segons el PASIB son calculats per un any mig, amb la qual cosa en anys secs, en que la infiltració eficaç disminueix fins a la meitat que en anys mitjos, els recursos explotables disminuirien molt, possiblement també fins a la meitat.

- ✓ El període estudiat presenta una pluviometria mitjana de 548.6 mm, que representa un volum d'aigua per al migjorn de 203,16 Hm3, inferior als 588 mm utilitzats en el pla hidrològic (217,75 Hm3).

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

- ✓ Com hem dit, segons el Pla Hidrològic, la infiltració eficaç en la zona de Migjorn es situa entorn al 27% de la pluviometria. Amb la pluviometria mitjana del període estudiat, això correspon a 54,8 Hm³ infiltrats per a la recàrrega de l'aqüífer. I tenint en compte els últims 30 anys obtenim un valor de 57 Hm³, sempre inferior als 59,4 Hm³ del Pla hidrològic. Per altra banda, el volum d'aigua que ha de sortir per mar per tal de garantir la sostenibilitat del recurs es valora en 35 Hm³ (PHIB), per la qual cosa, sense tenir en compte l'aigua que infiltra procedent de retorns de rec, pèrdues de xarxa, etc., ens dóna un volum d'uns 20 Hm³ disponibles. Afegint els 10 Hm³ estimats de pèrdues de xarxa, retorns de reg, i fluxos procedents d'altres aqüífers obtenim un volum de 30 Hm³ de recursos utilitzables.
- ✓ El consum urbà total de Migjorn, segons les dades aconseguides per aquest treball, estaria entorn dels 10,5 Hm³, tenint en compte que falten dades d'empreses privades que gestionen determinades urbanitzacions i que el consum de Ciutadella és aproximat. Possiblement el consum total sigui superior als 10,5 Hm³. En el Pla Hidrològic de les Illes Balears es parla de 10 Hm³.
- ✓ No es tenen dades reals de consum agrícola. Les estimacions de l'any 1981 eren de 15 Hm³(Fayas) per l'aqüífer de Migjorn i en el 1996 de 11,1 Hm³ anuals. Per tant hi ha diferències molt importants en les estimacions.
- ✓ Sembla haver una bona relació entre el pendent negatiu dels nivells dels aqüífers i les èpoques en que no es donen excedents al sòl segons el resultat dels balanços hídrics seriatos, però, a més, hi ha un pendent negatiu constant en els piezòmetres, que sembla lògic atribuir a una tendència a llarg termini d'increment de les extraccions per al consum humà.
- ✓ Els paràmetres anteriors, juntament amb les analítiques de pous costaners, ens posen de manifest que possiblement estem davant una sobreexplotació de l'aqüífer o, si més no, ens trobem en valors límit d'explotació que comporten sobreexplotació en èpoques seques i en determinades zones de l'illa.
- ✓ Els nivells piezomètrics i els balanços hídrics seriatos ens fan pensar que els valors d'infiltració acceptats oficialment possiblement siguin superiors als reals. Però, a l'hora, el fet d'utilitzar dades mensuals, sense una sèrie de dades diàries de contrast, genera el dubte de si estem exagerant el problema. Seria molt important aprofundir l'estudi en aquest sentit i superar aquesta incògnita, així com també la referida al drenatge d'aigua subterrània cap el mar. Les altres carències d'informació són les referides a la dimensió real del consum humà, però, en aquest cas, les dades disponibles ja ens

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

indiquen clarament el signe del problema i obtenir més dades de consums avui desconeguts serviria per confirmar-lo.

➤ **Propostes de treball per a la determinació dels recursos hídrics de Menorca**

És imprescindible, per al coneixement dels recursos disponibles a l'illa i per a la seva adequada gestió, el coneixement de la recàrrega de l'aqüífer principal de l'illa, el volum d'aigua que s'extreu d'aquest i els canvis en les reserves. Així doncs, creiem imprescindible:

- Procedir a un càlcul acurat de la recàrrega de l'aqüífer de Migjorn, per la qual cosa és necessari un balanç hídric diari per als tres sectors de l'aqüífer. Aquest es realitzaria amb:
 - Dades de precipitació i temperatura diàries per als diferents sectors, les quals són recopilades pel Centre Meteorològic Territorial de les Illes Balears, de l' "Instituto Nacional de Meteorología"
 - Determinació dels paràmetres edàfics necessaris per calcular el màxim enmagatzematge del sòl (capacitat de camp)
 - Càlculs més acurats de l'evapotranspiració, tenint en compte les cobertes vegetals, pendents etc., amb l'ajut de Sistemes d'Informació Geogràfica
- Estudi de l'escorrentia superficial
- Estimar el flux subterrani al mar i el flux de sostenibilitat que garanteixi el funcionament dels ecosistemes
- Acabar de recopilar les dades d'extracció d'aigua per a consum urbà i turístic que manquen d'algunes urbanitzacions i de la zona de ponent.
- Atès que hi ha grans dificultats en alguns sectors per a aconseguir les dades de consum, per la qual cosa es pot realitzar un estudi detallat de les zones de les que es disposa de més quantitat d'informació i fer estimacions per a les zones més

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

deficitàries quant a dades.

- Pel que fa al consum agrícola, es fa necessari un estudi de camp específic definint les activitats i els regadius.

Aquesta sèrie de dades esmentades ens permetria correlacionar, per a cada sector, les dades d'infiltració procedents del balanç hídric diari i les dades d'extracció d'aigua dels pous per a consum amb el canvi en els nivells piezomètrics. Les dades de cabals tractats a les diferents estacions depuradores poden ajudar a acotar les dades de consum i intentar tancar el cicle.

Sònia Estradé i Niubó
OBSAM, octubre2002.

OBSERVATORI SOCIOAMBIENTAL DE MENORCA

DOCUMENTS DE TREBALL 04/2003

10. BIBLIOGRAFÍA:

- Custodio E. y Llamas M.: "Hidrología subterránea." Tomos I y II. - Ed. Omega- 1993
- J.A Fayas: " Estudio marco Para el aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos de Menorca"- Consell Insular de Menorca-1982
- J.A Fayas: "el Agua" –Jornades sobre la reserva de la biosfera de Menorca. Març 1999- Institut Menorquí d'Estudis-2002
- Govern Balear, Direcció general de règim hidràulic:" Propuesta del plan hidrológico de las islas Baleares"-1998
- Govern Balear: "Plan de Abastecimiento y saneamiento integral de Baleares. Isla de Menorca"- 1982
- Institut Menorquí d'Estudis: "Propuestas para un plan de desarrollo sostenible de Menorca"- 1995
- A Jansà: "Climatología de Menorca"- Enciclopèdia de Menorca Tom I-Obra cultural Balear-1979
- A Obrador: "Els Recursos Hídrics"- Jornades sobre Conservació i Desenvolupament a Menorca- Programa MAB Unesco-IME-1989
- J. Trilla: "Hidrogeología" - Enciclopèdia de Menorca Tom I-Obra cultural Balear-1979
- Castaño S. Y Montesinos,S.(coordinadors):"ISLA. Land and Water Management in Mediterranean Islands using Earth Observation Data"- Ediciones de la Universidad de Castilla la Mancha-2002
- Varis autors: "Historia Natural dels Països Catalans". Vol.3- "Recursos geològics i sòl"- Enciclopedia catalana S.A-1990