

APPENDIX 4

1. Estimation of Groundwater Contribution to the Rootzone
2. Evaluating Efficiency of Water Use
3. Estimating Water Use Efficiency at Field Level
4. Water Management Data:
 - A4.1 Water Supply and Use by Farms in 1997
 - A4.2 Types of Field Water Supply Canals
 - A4.3 Average Groundwater Depth During Growing Season 1997
 - A4.4 Average Depth of Groundwater by Month on Sample Farms
 - A4.5 Water Supply to Farms and Fields
 - A4.6 Summary Data from Irrigation of Cotton Sample Fields
 - A4.7 Summary data from Irrigation of Winter Wheat Sample Fields
 - A4.8 Summary Data of Quality of Irrigation, Drainage and Ground Water in 1996 and 1997
 - A4.9 Average Daily Groundwater Contribution to Rootzone June to September 1997 by Farm
 - A4.10 Estimation of Water Losses between Farm Intake, Field Intake and Rootzone

Estimation of GROUNDWATER contribution to the rootzone

Where the watertable is closer than 3m to the surface of a silty soil the rate of upward mass flow of water into the rootzone is sufficient to replace much of the water lost by evapotranspiration from the crop foliage, thereby reducing the irrigation requirement substantially. Irrigation scheduling must therefore take due account of this source of water. Much of the irrigated land of Central Asia has a seasonal watertable closer than this to the surface.

It is difficult to estimate this mass flow but attempts have been made by local scientists to do so. The formula developed by Dr S. I. Kharchenko, was modified by Dr. N. T. Laktaev for use under the conditions of Central Asia. It is:

$$Ge = ETo / e^{[m*(H-h)]} \quad (E4.1)$$

Where: Ge is ground water contribution rate, mm/month (mm/day);
 ETo is reference crop evapotranspiration, mm/month (mm/day);
 m is a constant dependent on capillary properties of soil;
 H is ground water table depth, m;
 h is rooting depth, m.

Table A4.1.1 Parameter “m” in Equation E4.1

International Soil texture	m
S	1.50
SL	1.20
L; ZL; SCL	1.00
CL; ZCL; SC	1.01
C; ZC	1.17

In an artesian situation, daily groundwater does not depend on soil texture and can be calculated by the formula:

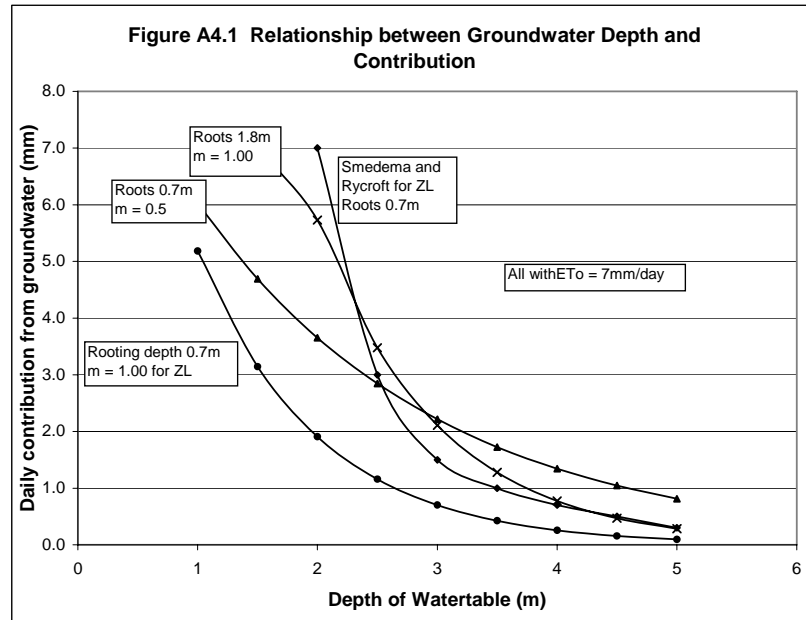
$$Ge = K.ETo \quad (E4.2)$$

where: K is coefficient dependent on the depth of the watertable below the roots

Table A4.1.2 Value of Coefficient K in Equation E4.2

(H-h) in m	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
K	0.90	0.66	0.39	0.19	0.09	0.04	0.03

There is not good agreement between the estimation of daily groundwater contribution by equation E4.1 and the values quoted by various international authors. This is illustrated for a silt loam soil, the most commonly occurring soil texture in Central Asia in Figure A4.1. Comparison is made with the curve for a soil of this texture presented by Smedema and Rycroft ("Land Drainage", Batsford, UK, 1987).



EVALUATING EFFICIENCY OF WATER USE

The evaluation was made on the basis of comparison of ratio between;

$$\frac{S_{(m-cr)}}{S_{(irr)}} \text{ and } \frac{W_{(m-cr)}}{W_{(field)}}$$

where: $S_{(m-cr)}$ - irrigated area under main crops, ha,
 $S_{(irr)}$ - total irrigated area of farm, ha,
 $W_{(m-cr)}$ - supposed water supply to the main crops, '000

m^3

$W_{(field)}$ - calculated water supply at fields intake points adjusted by on farm irrigation system efficiency coefficient, '000 m^3 .

It was the assumption that under the proper water management within farm these two ratios should be approximately equal.

There are three options in such evaluation:

- $S_{(m-cr)}/S_{(irr)} \cong W_{(m-cr)}/W_{(field)}$ - water management within farm is on a proper level;
- $S_{(m-cr)}/S_{(irr)} > W_{(m-cr)}/W_{(field)}$ - water management within farm is on a low level, low on farm canal system efficiency, direct irrigation water discharge into drainage system;
- $S_{(m-cr)}/S_{(irr)} < W_{(m-cr)}/W_{(field)} > 1$ - distorted, logically meaningless information due to disparity between the reported and the actual water supply data or due to a large number of fields under main crops actually non-irrigated during this season.

Such an approach is justified also because crop water requirements of minor crops are mainly lower. Of course, the above described approach is not completely correct, but at the same time it allows to evaluate approximately the actual state of on farm water management and value of additional water losses due to poor water management.

ESTIMATING water use efficiency at field level

Water use efficiency depends on the following irrigation parameters:

- $m_{(gr)}$ - average irrigation application rate during season;
- L_f - furrow length;
- q_f - furrow flow rate
- T - duration of irrigation application
- I_0 - intensity of water supply to a field
- E_a - field irrigation application efficiency.

Field irrigation application efficiency is:

$$E_a = V_m/V_f \text{ } ^*)$$

where: V_f - water supply to a field, m^3 ;
 V_m - water supply required to maintain soil moisture content for a crop above minimum level, m^3 .

The following equation by N. T. Laktaev is used locally:

$$E_a = (ET_{\text{crop(actual)}} - G_e - W_b - P_e)/W_f$$

where: $ET_{\text{crop(actual)}}$ - actual crop water requirements, mm;
 G_e - ground water contribution to rooting depth;
 W_b - actual depth of available soil water over the root depth, mm;
 P_e - effective rainfall, mm;
 W_f - total water supply to field, mm.

This equation is correct for water use efficiency calculation for all growing season. For calculation of each separate field irrigation application efficiency (without effective rainfall during the main crops growing season in the region) the following equation is valid:

$$E_a = [W_{\text{inf}} - (D_p - G_e)]/W_f$$

where: W_{inf} - volume of absorbed water, mm;
 G_e - ground water contribution to rooting depth, mm;
 D_p - deep percolation losses (difference between the total volume of infiltrated water during irrigation and field capacity), mm.

^{*)} M. G. Bos, Standards for irrigation efficiencies of ICID, ILRI Reprint No 29.

Table A4.1 Water Supply and Use by Farms in 1997

Farm No	Volume applied for tcm	Planned irrigated area ha	Planned rate of water use tcm/ha	Maximum area irrigated as percent of area planned	Maximum water rec'd in month tcm	Month in which water per irrig ha was rec'd	Maximum area irrigated in month ha	Maximum average water received cu m/ha irrigated	Maximum drainage water used for irrigation in month tcm	Water rec'd as % water appl for	Maximum water rec'd/ha planned in month cu m	Water received in growing season tcm
1	70 000	3 615	19	159	35 426	May	5 730	6 393	0	153	9 800	106 945
2	50 000	2 800	18	149	18 240	May	4 170	5 878	0	121	6 514	60 298
3	no data	1 825	no data	44	4 017	-	995	10 861	0	no data	2 201	4 715
4	no data	4 220	no data	130	16 580	Aug	5 490	19 928	0	no data	3 929	27 047
Kazakhstan	60 000	3 115	19	120	18 566		4 096	10 765	0	137	5 611	49 751
7	15 100	2 262	7	52	3 384	Jul	1 187	2 851	0	54	1 496	7 875
8	13 100	1 196	11	112	4 105	Aug	1 335	3 419	0	97	3 432	12 487
9	29 900	2 516	12	70	4 800	Jun	1 772	3 003	0	98	1 908	22 534
10	54 000	4 746	11	121	15 500	Apr	5 740	3 050	0	112	3 266	56 005
Kyrgyzstan	28 025	2 680	10	89	6 947		2 509	3 081	0	90	2 525	24 725
14	64 601	3 037	21	248	11 331	Nov	7 534	23 667	69	94	3 731	51 871
37	27 157	1 243	22	199	4 281	Oct	2 476	4 889	102	80	3 444	20 091
Tadjikistan	45 879	2 140	22	224	7 806		5 005	14 278	86	87	3 588	35 981
17	38 000	3 478	11	66	5 434	Sep	2 297	2 496	0	53	1 562	16 661
18	33 300	2 861	12	64	4 153	Mar	1 830	3 076	0	73	1 452	15 251
Turkmenistan	35 650	3 170	11	65	4 794		2 064	2 786	0	63	1 507	15 956
21	39 000	4 477	9	154	10 900	Dec	6 899	3 295	0	175	2 435	47 649
22	37 000	4 730	8	139	10 600	Dec	6 598	2 513	0	164	2 241	44 073
23	18 000	2 684	7	57	5 042	Mar	1 533	10 000	0	123	1 879	17 004
24	30 000	5 359	6	51	8 925	Sep	2 708	57 229	0	133	1 665	29 396
25	29 300	2 318	13	140	4 535	Apr	3 250	3 043	0	86	1 956	17 445
26	29 870	1 885	16	191	7 076	Feb	3 605	2 922	0	122	3 754	24 892
27	16 500	4 755	3	39	6 406	Sep	1 845	16 736	0	163	1 347	20 469
28	65 660	4 485	15	65	18 211	Mar	2 920	9 091	0	100	4 060	65 372
35	16 370	2 162	8	144	4 859	Sep	3 113	2 644	0	172	2 247	19 149

36	20 360	1 843	11	153	4 201	Dec	2 826	3 139	0	119	2 279	17 222
Uzbekistan	30 206	3 470	9	113	8 075		3 530	11 061	0	136	2 386	30 267
Overall average	34 861	3 114	12	116	9 455		3 448	9 096	8	115	3 027	32 021

Table A4.2 Types of Field Water Supply Canals, WUFMAS 1997

Farm code	Field code												Types of field supply canals					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	US	MC	CC	TFL	TFF	CPG
Kazakhstan																		
1	MC	*	MC	MC	*	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	0	10	0	0	0	0
2	MC	MC	MC	MC	MC	MC	*	MC	MC	MC	MC	-	0	10	0	0	0	0
3	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	-	-	0	0	0	0	10	0
4	US	TFF	TFF	TFF	US	TFF	US	TFF	TFF	TFF	-	-	3	0	0	7	0	0
													Ncf=40	3	20	0	7	10
													% 100	7,5	50	0	18	25
Kyrgyzstan																		
7	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	-	-	0	0	10	0	0	0
8	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0
9	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0
10	CC	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	9	0	1	0	0	0
													Ncf=40	29	0	11	0	0
													% 100	73	0	28	0	0
Tadjikistan																		
14	US	CC	US	US	US	US	US	US	CPG	US	-	-	8	0	1	0	0	1
37	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0
													Ncf=20	18	0	1	0	0
													% 100	90	0	5	0	0
Turkmenistan																		
17	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	-	0	0	0	0	10	0
18	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	TFF	-	0	0	0	0	10	0
													Ncf=20	0	0	0	0	20
													% 100	0	0	0	0	100
Uzbekistan																		
21	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0
22	*	*	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	0	10	0	0	0	0

23	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	-	-	0	0	0	10	0	0	
24	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	TFL	-	-	0	0	0	10	0	0	
25	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0	
26	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0	
27	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0	
28	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0	
35	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0	
36	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	US	-	-	10	0	0	0	0	0	
														Ncf=100	70	10	0	20	0	0
														% 100	70	10	0	20	0	0

Summary Table for the Region	Types of field water supply canals						
	Total	US	MC	CC	TFL	TFF	CPG
Total number of sample fields	220	120	30	12	27	30	1
Percent	100	55	14	5,5	12	14	0,1

Symbols:

Ncf - number of sample fields

US - unlined soil canal

MC - canal lined with monolyth concrete

CC - concrete canaletes

TFL - temporary field canal (large)

TFF - temporary furrow in field

CPG- subsurface pipe with hydrant outlets (gravity)

* - fields monitored in 1996 and replaced in 1997.

(code 11.01);

(code 11.02);

(code 11.05);

(code 11.06);

(code 11.07);

(code 11.08);

Table A4.3 Average Groundwater Depth During Growing Season 1997

File: Groundwater depth
97.xls

Date: 25 Sept
1999

Unit
s: cm below surface

N o.	Farm name	Field Number										Farm av	Analysis of Variance						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	SS	df	Var		
Kazakhstan																			
1	Aksharna	153		48	48		151	52	49	64	49	57	108	78	Source				
2	Akumskiy	81	49	29	36	41	113		114	117	37	8	72	Between republics	19 157 375	4	4 789 344		
3	Zhambul	203	186	231	229	231	222	231	250	276	242		230	Between farms	2 579 019	17	151 707		
4	Pakhtaral	276	269	168	205	235	209	219	239	241	242		230	(within republics)					
	average												152	Between fields	5 026 379	196	25 645		
														(within farms)					
Kyrgistan																			
7	Rasviet	100	100	100	100	100		209	109	130	232	78	576	Total	26 762 773				
8	Expt farm	0	0	0	0	0	209	109	130	232	78		1 000						
9	Sadikov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 000						
10	Cotton Expt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 000						
	average												894	Source					
Tadjikistan																			
1		100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	911	Between republics					
4	K-Z 1st May	0	0	0	0	0	111	0	0	0	0	0	911	Between farms	143	189	243		
3				100	100	100	100	100						(within republics)					
7	Dustee	46	500	0	0	0	0	0	71	50	53		572						
	average												742						
Turkmenistan																			
7	Teze Durmas	159	188	218	190	180	166	132	162	226	163		178		SE of	CV	Var	Si	
8	Murgap	259	274	300	300	300	270	205	198	202	205		251	Source	mean	%	ratio	g	
	average												215	Between republics	59,0	106	31,6	**	

Uzbekistan																*	
2													Between farms	50,9	44	5,9	**
1	Berdeyev	460	460	480	451	358	455	191	85	240	230	341	(within republics)				
2																	
2	Talashkan			351	342	86	92	77	88	156	141	167					
2																	
3	G Gulyiama	223	223	190	224	183	218	236	188	157	22	186					
2																	
4	Timur Malik	254	230	231	254	267	178	178	300	209	200	230					
2																	
5	A Navoi	101	72	257	253	114	75	94	167	99	45	128					
2																	
6	Pakhtakor	56	150	150	133	141	122	110	120	81	122	119					
2																	
7	Khalkabad	225	235	223	106	234	189	200	274	193	234	211					
2																	
8	Shortanbey	234	96	84	70	58	169	194	70	134	195	130					
3																	
5	Bukhara	219	203	199	226	214	192	213	196	195	192	205					
3																	
6	Gulistan	222	218	208	220	234	233	201	203	212	204	216					
	average											194					
	Overall average											367					

Table A4.4 Average Depth of Groundwater by Month on Sample Farms

Farm	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	230	110	33	33	75	158	213	295	313
2	230	188	55	37	42	132	158	265	237
3	164	196	242	256	250	323	338	350	367
4	174	159	197	299	295	350	367	383	389
Kazakhstan	199	163	132	156	165	241	269	323	327
7	132	262	99	112	570	294	178	155	224
8			1000	1000					
9		1000		1000	1000		1000	1000	
10				944					
Kyrgyzstan	na	na	na	na	na	na	na	na	na
14	862	90	835	85	907	910	712	124	
37	304	327	305	289	320	298	59	68	
Tadjikistan	583	208	570	187	613	604	385	96	
17	181	169	169	165	186	215	237	232	264
18	285	204	231	248	248	274	277	279	337
Turkmenistan	233	187	200	206	217	245	257	255	300
21	336	335	342	351	352	339	337	339	
22	206	205	217	268	264	252	247	250	
23	180	154	207	210	234	274	348	262	243
24		218	247	230	296	290	286	263	236
25	133	119	122	120	121	149	209	235	252
26	147	131	104	107	96	117	155	203	240
27	190	197	243	239	224	234	244	262	236
28	230	160	94	70	73	183	315		484
35	192	191	206	209	212	219	252	258	
36	206	205	212	209	216	245	264	259	
Uzbekistan	202	192	199	201	209	230	266	259	282
Grand					260				

average

Farm	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Kazakhstan		199	163	132	156	165	241	269	323	327
Kyrgyzstan	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Tadjikistan		583	208	570	187	613	604	385	96	0
Turkmenistan		233	187	200	206	217	245	257	255	300
Uzbekistan		202	192	199	201	209	230	266	259	282

Farm	Kazakhstan	Kyrgyzstan	Tadjikistan	Turkmenistan	Uzbekistan
Apr	199	na	583	233	202
May	163	na	208	187	192
Jun	132	na	570	200	199
Jul	156	na	187	206	201
Aug	165	na	613	217	209
Sep	241	na	604	245	230
Oct	269	na	385	257	266
Nov	323	na	96	255	259
Dec	327	na	0	300	282

Table A4.5 Water Supply to Farms and Fields

Farm code	S(irr) ha	Ec %	01.10.96-31.03.97			01.04.97-30.09.97			Annual Total		
			W (farm) '000 m ³	M (farm) '000 m ³	M (field) '000 m ³	W (farm) '000 m ³	M (farm) '000 m ³	M (field) '000 m ³	W (farm) '000 m ³	M (farm) '000 m ³	M (field) '000 m ³
Kazakhstan											
1	3 585	0,70	0	0	0	10 694	29 831	20 882	106 945	29 831	20 882
2	2 697	0,70	0	0	0	560 298	22 360	15 652	60 298	22 360	15 652
3	1 668	0,80	6 799	4 080	3 260	4 715	2 830	2 264	11 514	6 910	5 524
4	4 220	0,75	13 294	3 150	2 363	12 125	2 870	2 153	25 419	6 020	4 516
Kyrgyzstan											
7	2 262	0,73	739	330	241	7 875	3 480	2 540	8 614	3 810	2 781
8	1 196	0,73	0	0	0	12 487	10 440	7 621	12 487	10 440	7 621
9	2 516	0,85	3 150	1 250	1 063	22 534	8 960	7 616	25 684	10 210	8 679
10	4 746	0,70	9 670	2 040	1 428	56 005	11 800	8 260	65 675	13 840	9 688
Tadjikistan											
14	3 037	0,70	2 073	680	476	51 871	17 080	11 956	53 944	17 760	12 432
37	1 243	0,71	1 956	1 570	1 115	20 091	16 160	11 474	22 047	17 730	12 589
Turkmenistan											
17	3 478	0,60	8 605	2 470	1 482	16 661	4 790	2 874	25 266	7 260	4 356
18	2 861	0,76	6 786	2 370	1 801	15 251	5 330	4 051	22 037	7 700	5 852
Uzbekistan											
21	4 477	0,82	20 820	4 650	3 810	47 648	10 640	8 725	68 468	15 290	12 535
22	4 300	0,80	17 594	4 090	3 270	44 073	10 250	8 200	61 667	14 340	11 470
23	2 624	0,75	4 052	1 540	1 160	17 004	6 480	4 860	21 056	8 020	6 020
24	5 359	0,79	8 891	1 660	1 310	29 941	5 590	4 416	38 832	7 250	5 726
25	2 236	0,72	7 317	3 270	2 350	17 445	7 800	5 616	24 762	11 070	7 966

26	1 885	0,79	9 831	5 220	4 120	24 892	13 210	10 435	34 723	18 430	14 555
27	4 755	0,65	6 750	1 420	920	6 377	1 340	871	13 127	2 760	1 791
28	4 485	0,75	15 000	3 340	2 505	28 784	6 420	4 815	43 784	9 760	7 320
35	2 162	0,73	8 649	4 000	2 920	19 149	8 860	6 468	27 798	12 860	9 388
36	1 843	0,73	5 754	3 120	2 278	20 091	10 900	7 957	25 845	14 020	10 235

Symbols:

$S_{(irr)}$ - farm irrigated area, ha

E_c - approximate on farm irrigation system efficiency ($W_{(field)}/W_{(farm)}$), fraction

$W_{(farm)}$ - water supply at farm boundary, '000 m3

$M_{(farm)}$ - specific water supply at farm boundary, '000 m3/ha of irrigated area

$M_{(field)}$ - specific water supply at field boundary, m3/ha.

Table A4.6 Summary Data from Irrigation of Cotton Sample Fields

Farm	No. of cotton sample fields	Average area of cotton sample field	Seasonal average ground water table depth	Gross annual field water applic. including leaching and pre-irrigation	Leaching and pre-irrigation (gross annual field application)	No. of leach-ings	Gross leaching per applic.	Gross field irrigation application rate	No. of irrigations during growing season	Gross irrigation per applic.	Yield from field	Yield from sample plots	Productivity of all water applied	Productivity of all water applied	Productivity of water applied for irrigation only	Productivity of water applied for irrigation only
	no.	ha	m	m ³ /ha	m ³ /ha	no.	m ³ /ha	m ³ /ha	no.	m ³ /ha	t/ha	t/ha	tcm/t	t/tcm	tcm/t	t/tcm
3	7	12,1	2,4	5 850	4 550	1,0	4 550	1 300	1,1	1 140	2,27	2,05	2,6	0,4	0,6	1,7
4	6	7,9	2,3	5 574	4 614	1,0	4 614	960	1,2	774	2,89	3,07	1,9	0,5	0,3	3,0
9	4	4,5	10,0	10 511	0	0,0	0	10 511	5,6	1 890	2,93	2,84	3,6	0,3	3,6	0,3
10	9	5,5	10,0	8 823	0	0,0	0	8 823	6,6	1 347	2,21	2,37	4,0	0,3	4,0	0,3
14	6	9,2	8,7	15 813	0	0,0	0	15 813	5,0	3 163	1,53	1,88	10,3	0,1	10,3	0,1
37	4	8,3	3,1	11 505	0	0,0	0	11 505	6,6	1 756	2,04	1,42	5,6	0,2	5,6	0,2
17	5	10,6	1,6	9 022	2 365	1,0	2 365	6 657	4,4	1 503	2,76	3,48	3,3	0,3	2,4	0,4
18	4	5,4	2,2	5 307	1 012	1,0	1 012	4 295	3,5	1 234	2,74	3,12	1,9	0,5	1,6	0,6
21	5	9,4	3,7	7 318	2 062	1,3	1 598	5 256	4,4	1 197	2,62	2,83	2,8	0,4	2,0	0,5
22	5	8,0	1,9	5 325	705	0,9	750	4 647	5,5	850	2,09	2,02	2,5	0,4	2,2	0,5
23	6	7,1	2,1	3 326	822	0,8	1 002	2 504	1,7	1 490	2,08	2,46	1,6	0,6	1,2	0,8
24	7	9,6	2,3	3 306	780	0,4	2 000	2 547	1,7	1 489	1,62	1,88	2,0	0,5	1,6	0,6
25	7	5,1	1,2	6 009	3 830	3,1	1 220	2 179	4,3	504	2,85	2,98	2,1	0,5	0,8	1,3
26	5	5,0	1,3	7 121	4 082	3,2	1 276	3 039	3,6	844	3,17	3,34	2,2	0,4	1,0	1,0
27	6	5,4	1,9	4 619	4 045	1,0	4 045	574	1,0	574	1,68	1,77	2,8	0,4	0,3	2,9
35	5	5,7	2,0	5 633	1 284	1,2	1 088	4 349	3,2	1 368	2,55	3,23	2,2	0,5	1,7	0,6
36	6	5,6	2,1	5 932	1 374	1,0	1 374	4 558	3,2	1 433	2,79	3,28	2,1	0,5	1,6	0,6
Average	97	8,0	3,5	7 243	2 039	0,9	2 192	5 204	3,5	1 327	2,33	2,51	3,1	0,3	2,2	0,4

Table A4.7 Summary Data from Irrigation of Winter Wheat Sample Fields

Farm	Number of winter wheat sample fields	Average area of winter wheat sample fields	Average ground water table depth during growing season	Gross annual field water application	Number of irrigations	Gross irrigation per application	Yield from sample field	Yield from sample plots	Productivity of all water applied	Productivity of all water applied
		ha	m	tcm/ha		tcm/ha	t/ha	t/ha	tcm/t	t/tcm
1	1	21,5	1,5	1,00	1,0	1,0	0,4	0,5	2,8	0,4
4	1	7,0	2,0	0,93	1,0	0,9	2,5	3,0	0,4	2,7
7	3	16,7	5,0	2,31	1,0	2,3	2,4	2,6	1,0	1,0
9	4	6,8	10,0	8,26	4,0	2,1	4,0	4,3	2,1	0,5
10	1	5,0	10,0	3,95	2,0	2,0	2,1	2,5	1,9	0,5
14	4	8,8	10,0	7,40	4,0	1,9	2,1	2,0	3,6	0,3
37	2	8,5	6,3	6,32	4,2	1,5	2,2	1,9	2,8	0,4
17	4	7,0	1,6	8,34	4,0	2,1	1,5	2,4	5,7	0,2
18	4	8,4	2,3	7,06	5,2	1,4	2,0	2,4	3,6	0,3
21	4	12,3	1,8	3,63	5,5	0,7	1,6	1,8	2,3	0,4
22	4	16,0	1,4	6,14	6,0	1,0	1,5	1,8	4,1	0,2
23	4	10,6	1,8	2,08	2,9	0,7	2,6	3,2	0,8	1,3
24	1	6,8	1,6	0,52	1,0	0,5	2,9	3,8	0,2	5,7
25	1	5,0	1,7	4,37	5,0	0,9	4,7	5,6	0,9	1,1
26	3	6,1	1,3	3,41	5,4	0,6	4,2	4,6	0,8	1,2
35	2	7,5	2,0	2,58	2,0	1,3	2,9	3,2	0,9	1,1
36	5	6,5	2,1	2,55	2,0	1,3	2,8	3,2	0,9	1,1
Average	48	10,9	4,0	4,58	3,8	1,2	2,2	2,5	0,5	1,8

Table A4.8 Summary data of Quality of Irrigation, Drainage and Ground Water in 1996 and 1997

Republic		pH	TDS g/l	EC dS/m	Ionic Concentration in me/l							Sum (me/l)		% Diff	SAR	Severity (0=nil, 3=severe)		
					HCO3-	Cl-	SO4--	Ca++	Mg++	Na+	K+	cations	anions			EC	Cl	SAR
Irrigation water																		
Values in 1996 samples																		
Kazakhstan	av	8,55	0,8	1,35	1,5	2,9	7,4	5,0	4,6	2,2	0,1	11,8	11,9	-1	1,0	1,0	0,0	0,0
	max	8,80	2,2	2,35	3,6	6,2	27,9	15,0	11,8	16,0	0,5	34,7	34,9	1	7,2	1,0	1,0	1,0
	min	8,10	0,3	0,86	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9	0,1	1,0	0,0
Kyrgyzstan	av	8,28	0,3	0,54	0,4	0,7	2,3	1,6	0,9	0,6	0,0	3,1	3,4	0	0,7	0,3	0,0	0,4
	max	8,80	0,6	0,95	1,4	2,3	6,7	5,0	4,9	1,8	0,1	9,7	9,7	0	1,3	1,0	0,0	1,0
	min	8,10	0,0	0,16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1	0,3	0,0	0,0
Tadjikistan	av	8,46	0,8	0,85	0,7	2,7	7,3	3,9	2,3	4,6	0,1	10,9	10,7	6	3,3	0,8	0,3	0,4
	max	8,70	1,8	1,56	1,8	5,1	22,5	11,0	11,8	13,2	0,4	27,7	28,3	16	7,1	1,0	1,0	1,0
	min	8,20	0,1	0,25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2	0,3	0,0	0,0	0,0
Turkmenistan	av	8,42	0,7	0,92	0,8	2,6	5,5	3,6	2,1	3,1	0,1	8,9	8,9	0	1,7	0,9	0,1	0,2
	max	8,60	2,4	1,47	1,2	5,1	30,0	6,0	6,9	23,7	0,7	36,3	35,8	9	9,7	1,0	1,0	1,0
	min	8,10	0,4	0,64	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1	0,2	0,0	0,0	0,0
Uzbekistan	av	8,40	1,0	1,53	1,2	3,3	7,0	4,3	3,5	3,5	0,1	11,4	11,5	0	2,0	0,9	0,4	0,3
	max	9,00	3,4	6,10	4,0	14,6	38,9	17,0	20,7	22,6	0,7	51,7	52,0	58	8,6	2,0	2,0	2,0
	min	7,40	0,1	0,15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-15	0,1	0,0	0,0	0,0
Overall	av	8,40	0,8	1,24	1,0	2,7	6,1	3,9	2,9	3,0	0,1	9,9	9,9	0	1,8	0,8	0,3	0,3
	max	9,00	3,4	6,10	4,0	14,6	38,9	17,0	20,7	23,7	0,7	51,7	52,0	58	9,7	2,0	2,0	2,0
	min	7,40	0,0	0,15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-15	0,1	0,0	0,0	0,0
Values in 1997 Samples																		
Kazakhstan	av	7,86	1,6	2,08		8,2						8,2			1,3	0,4		
	max	8,90	6,3	6,00		64,8						64,8			2,0	2,0		
	min	7,10	0,5	1,00		1,7						1,7			1,0	0,0		
Kyrgyzstan	av	8,19	0,3	0,59		0,6						0,6			0,0	0,0		
	max	8,60	0,6	0,69		0,6						0,6			0,0	0,0		
	min	8,00	0,1	0,39		0,6						0,6			0,0	0,0		

Uzbekistan	av	7,63	1,1	1,68	3,5	3,5	1,1	0,3
	max	8,70	4,6	3,53	10,7	10,7	2,0	2,0
	min	7,01	0,1	0,83	1,1	1,1	1,0	0,0
Overall	av	7,92	0,9	1,30	3,2	3,2	0,6	0,2
	max	8,90	6,3	6,00	64,8	64,8	2,0	2,0
	min	7,01	0,1	0,39	0,6	0,6	0,0	0,0

Drainage water

Values in 1996 samples

Kazakhstan	av	8,53	2,4	2,48	2,6	8,5	25,7	9,2	13,1	13,9	0,4	36,7	36,8	-1	3,6	1,2	0,5	0,0
	max	8,80	11,5	12,01	4,4	62,5	111,9	21,0	73,9	83,3	2,6	180,7	178,8	1	12,1	2,0	2,0	0,0
	min	8,00	1,1	1,29	0,8	2,3	10,8	6,0	3,9	2,6	0,1	16,6	16,8	-2	1,0	1,0	0,0	0,0
Kyrgyzstan	av	8,32	0,6	0,54	0,6	1,6	5,2	1,4	1,0	4,0	0,1	6,5	7,3	0	6,6	0,2	0,0	0,5
	max	8,60	1,3	0,71	1,6	2,3	16,9	4,0	3,9	16,0	0,5	20,4	20,7	1	11,3	1,0	0,0	1,0
	min	8,20	0,2	0,38	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	-2	1,9	0,0	0,0	0,0
Tadjikistan	av	8,44	2,0	1,84	1,7	5,6	22,6	9,3	10,7	10,2	0,3	30,5	29,9	3	3,5	1,2	0,5	0,2
	max	8,60	4,6	3,65	3,4	11,3	59,9	25,0	33,6	28,3	0,9	71,8	70,4	15	8,9	2,0	2,0	1,0
	min	8,30	0,4	0,89	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1	0,1	1,0	0,0	0,0
Turkmenistan	av	8,48	3,5	3,26	2,1	12,8	28,5	7,6	12,1	22,4	0,7	42,8	43,4	-1	6,9	1,3	1,1	0,2
	max	8,70	15,9	12,42	5,8	81,7	161,3	27,9	73,0	139,6	4,3	244,9	248,8	0	19,7	2,0	2,0	1,0
	min	8,00	1,0	0,49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2	0,7	0,0	0,0	0,0
Uzbekistan	av	8,34	3,4	4,76	2,1	10,0	20,1	7,6	9,9	14,2	0,4	32,1	32,1	0	5,7	1,7	0,8	0,1
	max	9,20	13,8	12,99	22,0	145,1	117,5	35,9	60,2	128,8	4,0	216,6	213,8	54	31,6	2,0	2,0	2,0
	min	7,10	0,3	0,38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2	0,4	0,0	0,0	0,0
Overall	av	8,38	3,1	4,16	2,0	9,8	21,5	7,7	10,2	14,8	0,5	33,3	33,3	0	5,5	1,6	0,8	0,1
	max	9,20	15,9	12,99	22,0	145,1	161,3	35,9	73,9	139,6	4,3	244,9	248,8	54	31,6	2,0	2,0	2,0
	min	7,10	0,2	0,38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2	0,1	0,0	0,0	0,0

Values in 1997 samples

Kazakhstan	av	7,64	3,3	3,75	8,2	8,2	1,8	1,0
	max	8,30	7,5	8,20	29,3	29,3	2,0	2,0
	min	5,50	1,8	2,40	2,3	2,3	1,0	0,0
Uzbekistan	av	7,80	6,4	6,94	25,7	25,7	1,8	1,7
	max	8,60	17,3	19,71	123,4	123,4	2,0	2,0

Overall	min	7,00	0,4	0,97		1,4						1,4		1,0	0,0
	av	7,78	6,1	6,66		24,2						24,2		1,8	1,6
	max	8,60	17,3	19,71		123,4						123,4		2,0	2,0
	min	5,50	0,4	0,97		1,4						1,4		1,0	0,0

Groundwater

Values in 1996 Samples

Kazakhstan	av	8,30	6,9	4,08	2,9	34,3	66,7	13,1	42,4	45,8	1,4	102,7	103,9	-1	6,1	1,4	1,1	0,0
	max	8,60	45,8	16,84	6,2	308,7	427,2	30,9	306,9	388,1	12,0	731,7	739,7	1	30,6	2,0	2,0	0,0
	min	8,00	1,0	1,31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-5	0,5	1,0	0,0
Kyrgyzstan	av	8,40	0,9	0,41	1,6	0,6	10,8	4,0	5,9	2,9	0,1	12,9	12,9	-1	1,3	0,0	0,0	1,0
	max	8,40	0,9	0,41	1,6	0,6	10,8	4,0	5,9	2,9	0,1	12,9	12,9	-1	1,3	0,0	0,0	1,0
	min	8,40	0,9	0,41	1,6	0,6	10,8	4,0	5,9	2,9	0,1	12,9	12,9	-1	1,3	0,0	0,0	1,0
Tadjikistan	av	8,33	2,5	2,76	2,0	11,7	24,6	13,8	10,9	14,9	0,5	40,2	38,3	4	4,4	1,4	1,4	0,1
	max	8,60	4,5	5,12	4,2	25,4	44,0	30,9	21,4	28,5	0,9	78,4	71,9	20	8,4	2,0	2,0	1,0
	min	8,20	0,8	0,81	1,0	3,4	4,6	4,0	2,0	3,4	0,1	15,8	12,5	-3	1,4	1,0	0,0	0,0
Turkmenistan	av	8,49	5,7	4,42	3,0	26,9	56,8	13,8	24,0	46,5	1,4	85,7	86,6	-1	8,0	1,4	1,6	0,1
	max	8,70	52,1	19,73	4,8	267,0	513,1	33,9	163,8	568,7	17,6	774,1	785,0	1	58,7	2,0	2,0	1,0
	min	8,20	1,0	1,17	1,6	3,4	7,0	5,0	1,0	2,9	0,1	15,0	15,0	-2	1,2	1,0	0,0	0,0
Uzbekistan	av	8,18	5,9	5,80	2,0	14,1	33,3	9,9	17,1	21,6	0,7	49,2	49,4	-1	6,7	1,8	0,8	0,0
	max	9,40	49,9	19,97	19,0	498,0	494,7	50,9	227,0	558,6	17,3	782,3	795,6	14	55,0	2,0	2,0	2,0
	min	0,12	0,5	0,73	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-40	0,2	1,0	0,0	0,0
Overall	av	8,23	5,6	5,28	2,2	16,2	36,7	10,5	18,8	24,8	0,8	54,8	55,0	0	6,5	1,7	0,9	0,1
	max	9,40	52,1	19,97	19,0	498,0	513,1	50,9	306,9	568,7	17,6	782,3	795,6	20	58,7	2,0	2,0	2,0
	min	0,12	0,5	0,41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-40	0,2	0,0	0,0	0,0

Values in 1997 samples

Kazakhstan	av	8,03	3,3	3,41		23,3						23,3		1,4	1,0
	max	8,90	12,4	11,70		535,2						535,2		2,0	2,0
	min	6,90	0,6	1,30		2,8						2,8		1,0	0,0
Kyrgyzstan	av	7,52	0,4	0,74		1,0						1,0		0,5	0,0
	max	7,70	0,6	0,84		1,7						1,7		1,0	0,0
	min	7,40	0,4	0,63		0,6						0,6		0,0	0,0

Uzbekistan	av	7,58	6,6	7,22	22,6	22,6	1,8	1,6
	max	8,60	37,9	32,00	150,4	150,4	2,0	2,0
	min	7,00	0,8	1,50	3,1	3,1	0,0	0,0
Overall	av	7,68	5,8	6,21	22,2	22,2	1,7	1,4
	max	8,90	37,9	32,00	535,2	535,2	2,0	2,0
	min	6,90	0,4	0,63	0,6	0,6	0,0	0,0

**Table A4.9 Average Daily Groundwater Contribution to Rootzone
June to September 1997 by Farm**

Republic	Farm No	WT depth Jun-Sep (H in cm)	Av ETo Jun-Sep (mm/day)	Parameter a	Parameter b	Groundwater contribution mm/day $Ge=ETo.a/e^{b.H}$	Root depth (cm)	Parameter m	Groundwater contribution mm/day $Ge=ETo/e^{m.(H-h)}$
Kaz	1	96	6,3	1,04	1,20	3,0	100	0,76	3,3
Kaz	2	107	6,3	1,00	1,19	3,6	90	0,77	2,9
Kaz	3	278	5,0	1,20	1,23	1,6	163	0,82	0,5
Kaz	4	281	5,0	1,21	1,24	1,7	157	0,84	0,5
Kyrg	7	574	5,1	0,90	1,19	1,3	82	0,75	0,9
Kyrg	8	1000	5,1	1,00	1,24	0,0	100	0,90	0,0
Kyrg	9	1000	5,1	1,21	1,25	0,0	106	0,84	0,0
Kyrg	10	944	5,1	1,13	1,24	0,0	122	0,87	0,0
Tadj	14	912	7,5	0,80	1,17	0,2	90	1,00	0,3
Tadj	37	324	7,5	1,19	1,23	2,0	89	0,80	1,9
Turk	17	207	6,7	1,22	1,25	1,5	55	0,85	1,2
Turk	18	267	6,7	1,25	1,30	0,9	74	0,91	0,7
Uzb	21	341	6,5	1,01	1,18	1,0	117	0,75	0,8
Uzb	22	234	6,5	0,92	1,15	2,5	107	0,74	1,7
Uzb	23	241	5,9	1,22	1,27	0,7	47	0,86	0,8
Uzb	24	261	5,9	1,17	1,24	0,6	40	0,83	0,8
Uzb	25	162	6,2	1,05	1,20	2,8	116	0,81	2,0
Uzb	26	144	6,2	1,20	1,23	3,8	106	0,82	1,9
Uzb	27	229	6,3	1,09	1,23	0,9	52	0,83	1,1
Uzb	28	215	6,3	1,00	1,19	0,7	23	0,83	1,2
Uzb	35	217	7,0	1,14	1,22	1,8	84	0,79	1,3
Uzb	36	227	7,0	1,14	1,22	1,3	73	0,79	1,2
Overall average		354	6,2	1,10	1,22	1,5	90	0,82	1,2

Table 4.10 Estimation of Water Losses Between Farm Intake, Field Intake and Rootzone

(for the Period from 01.10.96 to 30.09.97)

Republic/ farm no.	Water supply at farm boundary	Conveyancing losses from farm to field boundaries						Water supply at field boundary	Field application losses (fraction of field intake)						Water retained by rootzone	Total "extra" losses (1)			
		Total		Including					Total		Including					% of farm intake with field loss			
		m ³ /ha	m ³ /ha	%	"normative" m ³ /ha	%	"extra" (1) m ³ /ha		%	m ³ /ha	m ³ /ha	%	"normative" m ³ /ha	%		"extra" (1) m ³ /ha	%	m ³ /ha	m ³ /ha
Kazakhstan																			
1	29 831	17 744	59	8 949	30	8 794	29	12 087	5 802	48	5 802	48	0	0	6 285	8 794	29	0	
2	22 357	13 479	60	6 707	30	6 771	30	8 879	4 262	48	4 262	48	0	0	4 617	6 771	30	0	
3	6 903	3 547	51	1 381	20	2 167	31	3 356	470	14	470	14	0	0	2 886	2 167	31	0	
4	9 559	6 250	65	2 390	25	3 860	40	3 310	993	30	463	14	530	16	2 317	4 390	46	6	
Av.	17 163	10 255	59	4 857	26	5 398	33	6 908	2 882	35	2 749	31	132	4	4 026	5 530	34	2	
Kyrgyzstan																			
7	3 481	1 256	36	940	27	316	9	2 226	1 447	65	668	30	779	35	779	1 095	31	22	
8	10 441	7 374	71	2 819	27	4 555	44	3 067	2 055	67	920	30	1 135	37	1 012	5 690	54	11	
9	10 209	2 079	20	1 531	15	548	5	8 129	4 959	61	2 601	32	2 357	29	3 170	2 906	28	23	
10	13 838	5 715	41	4 151	30	1 563	11	8 123	6 011	74	2 518	31	3 493	43	2 112	5 056	37	25	
Av.	9 492	4 106	42	2 360	25	1 745	17	5 386	3 618	67	1 677	31	1 941	36	1 768	3 687	38	20	
Tadjikistan																			
14	17 933	5 987	33	5 380	30	607	3	11 946	7 526	63	4 540	38	2 987	25	4 420	3 594	20	17	
37	17 737	6 509	37	5 144	29	1 365	8	11 228	7 860	70	4 267	38	3 593	32	3 368	4 958	28	20	
Av.	17 835	6 248	35	5 262	30	986	6	11 587	7 693	67	4 403	38	3 290	29	3 894	4 276	24	18	
Turkmenistan																			
17	7 265	3 124	43	2 906	40	218	3	4 141	2 236	54	911	22	1 325	32	1 905	1 543	21	18	
18	7 703	3 875	50	1 849	24	2 026	26	3 828	1 187	31	766	20	421	11	2 641	2 447	32	5	
Av.	7 484	3 499	47	2 377	32	1 122	15	3 984	1 711	43	838	21	873	22	2 273	1 995	27	12	
Uzbekistan																			
21	15 293	9 712	64	2 753	18	6 960	46	5 581	2 232	40	1 172	21	1 060	19	3 349	8 020	52	7	
22	14 341	8 668	60	2 868	20	5 800	40	5 673	1 702	30	1 021	18	681	12	3 971	6 480	45	5	
23	8 024	5 448	68	2 006	25	3 441	43	2 577	1 082	42	515	20	567	22	1 495	4 008	50	7	
24	7 246	5 354	74	1 522	21	3 832	53	1 892	719	38	378	20	341	18	1 173	4 173	58	5	

25	11 074	4 289	39	1 993	18	2 296	21	6 785	3 189	47	1 289	19	1 900	28	3 596	4 196	38	17
26	18 421	10 031	54	3 868	21	6 162	33	8 390	4 866	58	1 846	22	3 020	36	3 524	9 183	50	16
27	2 761	1 083	39	966	35	117	4	1 678	84	5	84	5	0	0	1 594	117	4	0
28	6 752	2 149	32	1 688	25	461	7	4 603	2 118	46	2 118	46	0	0	2 486	461	7	0
35	12 858	8 068	63	3 472	27	4 597	36	4 789	1 916	40	670	14	1 245	26	2 874	5 842	45	10
36	12 467	7 601	61	3 366	27	4 235	34	4 866	2 141	44	681	14	1 460	30	2 725	5 694	46	12
Av.	10 924	6 240	55	2 450	24	3 790	32	4 683	2 005	39	978	20	1 027	19	2 679	4 817	40	8
Overall	12 249	6 286	50	3 212	26	3 075	24	5 962	3 106	47	1 832	26	1 274	21	2 856	4 349	35	11

Note: (1) "normative" values are theoretical ideal rates for the physical conditions of the canal or farm as reported by farm staff, but estimated actual losses in excess are termed "extra"